

Čišćenje uljnih onečišćenja različitih vrsta obale i održavanje/skladištenje opreme za uklanjanje onečišćenja

Brok, Luka

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies, Rijeka / Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:390944>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-23**



Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet
University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies - FMSRI Repository](#)



uniri DIGITALNA
KNJIŽNICA



**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

LUKA BROK

**ČIŠĆENJE ULJNIH ONEČIŠĆENJA RAZLIČITIH VRSTA
OBALE I ODRŽAVANJE/SKLADIŠTENJE OPREME ZA
UKLANJANJE ONEČIŠĆENJA**

DIPLOMSKI RAD

Rijeka, 2023.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

**ČIŠĆENJE ULJNIH ONEČIŠĆENJA RAZLIČITIH VRSTA
OBALE I ODRŽAVANJE/SKLADIŠTENJE OPREME ZA
UKLANJANJE ONEČIŠĆENJA**

**OIL POLLUTION CLEAN-UP OF DIFFERENT TYPES OF
COASTS AND MAINTENANCE/STORAGE OF POLLUTION
REMOVAL EQUIPMENT**

DIPLOMSKI RAD

Kolegij: Tehnologija uklanjanja onečišćenja mora

Mentor: doc. dr. sc. Đani Šabalja

Student: Luka Brok

Studijski smjer: Nautika i tehnologija pomorskog predmeta

JMBAG: 0269132149

Rijeka, rujan 2023.

Student: Luka Brok

Studijski program: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

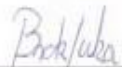
JMBAG: 0269132149

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI DIPLOMSKOG RADA

Kojom izjavljujem da sam diplomski rad s naslovom "ČIŠĆENJE ULJNIH ONEČIŠĆENJA RAZLIČITIH VRSTA OBALE I ODRŽAVANJE/SKLADIŠTENJE OPREME ZA UKLANJANJE ONEČIŠĆENJA" izradio samostalno pod mentorstvom doc. dr. sc. Danija Šabalje.

U radu sam primijenio metodologiju izrade stručnog/znanstvenog rada i koristio literaturu koja je navedena na kraju diplomskog rada. Tude spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući naveo u diplomskom radu na uobičajen, standardan način citirao sam i povezo/la s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Student



Luka Brok

Student: Luka Brok

Studijski program: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

JMBAG: 0269132149

IZJAVA STUDENTA – AUTORA
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG DIPLOMSKOG RADA

Izjavljujem da kao student – autor diplomskog rada dozvoljavam Pomorskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci da ga trajno javno objavi i besplatno učini dostupnim javnosti u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta.

U svrhu podržavanja otvorenog pristupa diplomskim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog ograničenja mog diplomskog rada kao autorskog djela pod uvjetima Creative Commons licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na

<https://creativecommons.org/licenses/>

Student – autor



Luka Brok

SAŽETAK

Ljudsko djelovanje od samih početaka ostavlja tragove u okolišu. Iako su ti tragovi ponekad pozitivni događaju se i situacije u kojima su izrazito negativni. Onečišćenje morskog okoliša pomoću tvari koje su opasne po život biljnog i životinjskog svijeta, ali i po ljudsko zdravlje jedno je od negativnih utjecaja. Uljna onečišćenja mogu se susresti vrlo često i ne predstavljaju samo posljedicu velikih havarija, već mogu nastati i tijekom svakodnevnog rukovanja brodovima ili platformama. Doticaj okoliša i živog svijeta s uljnim onečišćenjem može biti poguban. Upravo iz tog razloga razvijene su različite metode čišćenja uljnog onečišćenja te različita sredstva i oprema kojom je isto još učinkovitije, a posljedice manje. Osim toga, vrlo je važno spomenuti i propise pomoću kojih se uvjetuje implementacija i određenih oblika opreme na brodove te na obalno područje, a čija je primarna svrha prevencija nastanka onečišćenja te djelovanje u smjeru očuvanja okoliša.

Ključne riječi: obalno područje, oprema za uklanjanje onečišćenja, uljna onečišćenja

SUMMARY

Human activity has left traces in the environment since the very beginning. Although these traces are sometimes positive, there are also situations where they are extremely negative. Pollution of the marine environment by substances that are dangerous to the life of plant and animal life, but also to human health, is one of the negative impacts. Oil pollution can be encountered very often and is not only a consequence of major accidents, but can also occur during the daily handling of ships or platforms. The contact of the environment and the living world with oil pollution can be fatal. It is precisely for this reason that different methods of cleaning oil pollution have been developed, as well as different means and equipment that make it even more effective and have less consequences. In addition, it is very important to mention the regulations that condition the implementation of certain types of equipment on ships and in the coastal area, and whose primary purpose is to prevent pollution and act in the direction of environmental protection.

Keywords: coastal area, pollution removal equipment, oil pollution

SADRŽAJ

SAŽETAK	1
SUMMARY	2
SADRŽAJ	3
1. UVOD	1
1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKTI ISTRAŽIVANJA	1
1.2. RADNA HIPOTEZA	2
1.3. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA	2
1.4. ZNANSTVENE METODE	3
1.5. STRUKTURA RADA	3
2. OPĆENITO O ULJIMA I ULJNOM SASTAVU	5
2.1. OSNOVE SASTAVA ULJA	5
2.2. OBLICI PONAŠANJA ULJA NA POVRŠINAMA	7
2.3. UTJECAJ ULJA NA POVRŠINE NAKON IZLJEVA	18
2.4. ULJNO ONEČIŠĆENJE RAZLIČITIH TIPOVA OBALE	21
3. MOGUĆNOSTI I METODE UKLANJANJA ULJNOG ONEČIŠĆENJA	28
3.1. PRIMJENA MEHANIČKIH METODA	29
3.2. PRIMJENA FIZIKALNO MEHANIČKIH METODA	31
3.3. PRIMJENA KEMIJSKIH METODA	32
3.4. PRIMJENA MIKROBIOLOŠKIH METODA	34
4. SREDSTVA I OPREMA ZA UKLANJANJE ULJNOG ONEČIŠĆENJA	35
4.1. PRIMJENA UPIJAČA	35
4.2. PRIMJENA SREDSTAVA ZA SKRUTNJIVANJE MASE	37
4.3. PRIMJENA OMEKŠIVAČA I ODMAŠĆIVAČA	38
4.4. PRIMJENA BRANA	39
4.5. PRIMJENA SAKUPLJAČA ULJA	42

5. ODRŽAVANJE I SKLADIŠTENJE OPREME ZA UKLANJANJE ULJNOG ONEČIŠĆENJA	45
5.1. OPREMA I UREĐAJI NA BRODOVIMA	45
5.2. OSTALA OPREMA ZA UKLANJANJE ULJNOG ONEČIŠĆENJA	50
6. ZAKLJUČAK	53
LITERATURA	54
POPIS SLIKA	56
POPIS TABLICA	57

1. UVOD

1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKTI ISTRAŽIVANJA

Problem onečišćenja morskog okoliša smatra se jednim od načina ljudskog izravnog, ili neizravnog, utjecaja na neposrednu okolinu. Pritom, ovi problemi uključuju unošenje tvari ili energije u okolinu, a koja može uzrokovati neke od pogubnih posljedica za druge žive organizme, neovisno radi li se o kopnu ili moru, te isto tako mogu ostvariti i negativne posljedice po zdravlje ljudi, ometanje značajnog broja pomorskih djelatnosti kao što je primjerice mogućnost ribolova i drugih zakonitih oblika korištenja morskih resursa, utjecaj na pogoršanje kakvoće morske vode te smanjenje privlačnosti morskog i obalnog područja kao prirodne atrakcije [1].

Organizmi koji nastanjuju morski okoliš povezani su preko niza interakcija, prvenstveno kroz hranidbeni lanac. U jednu od takvih povezanosti moguće je ubrojiti i odnos grabežljivaca i njihova plijena te parazita i njihovih domaćina. U slučajevima u kojima dolazi do onečišćenja, neovisno o njegovoj veličini, ne utječe se samo na pojedine organizme, već opasnosti prijete cjelokupnoj flori i fauni nekog područja. Kada je riječ o uljnom onečišćenju, važno je istaknuti kako glavina ovog onečišćenja dolazi ljudskim djelovanjem i to prilikom slučajnih manipulacija kod ukrcanja goriva ili njegova iskrcanja, te u manjem broju slučajeva nastankom havarija. Najvidljiviji, ali i najpoznatiji, oblik zagađenja morskog okoliša dolazi od izlivanja ulja iz brodova ili kao posljedica nezgoda na bušotinama. Posljedice takvih događanja na okoliš su uglavnom katastrofalne, višestruke te većinom i dugotrajne.

Nedostatak i nemogućnosti prevencije ovakvih negativnih događanja rezultirali su razvojem značajnog broja metoda i mogućnosti povezanih s čišćenjem i uklanjanjem uljnih onečišćenja kako s morske tako i s obalne površine. Pritom, vrlo je važno naglasiti kako postoje različiti uređaji i oprema koji su posebno razvijeni kako bi se na što učinkovitiji način sanirale posljedice uljnog onečišćenja na okoliš.

Temeljem prikazane problematike moguće je definirati i problem istraživanja ovog rada koji se ističe: iako je težnja svjetskog gospodarstva u gotovo svim sferama ljudskog djelovanja umanjiti ili u potpunosti ukloniti mogućnosti onečišćenja okoliša, ljudski

faktor i dalje je osnovni uzročnik njihova nastanka, što za posljedicu ima uništavanje kako njegova tako i okoliša u kojem boravi različiti biljni i životinjski svijet. Predmet ovog istraživanja je prikaz nastanka uljnih onečišćenja obalnog i drugog morskog područja zajedno s mogućnostima njegova uklanjanja te sredstvima i opremom koja se pritom koristi. Objekti istraživanja su procesi uklanjanja uljnih onečišćenja te oprema koja se pritom koristi.

1.2. RADNA HIPOTEZA

Sukladno definiranom problemu istraživanja, ali i identifikaciji predmeta i objekata istraživana moguće je postaviti i radnu hipotezu koja će se obraditi temeljnim pretpostavkama rada:

Unatoč naporima u smanjenju ili potpunom uklanjanju onečišćenja razvojem metoda i opreme za njegovo uklanjanje, uljna onečišćenja morskog i priobalnog okoliša dio su ljudske svakodnevnice.

1.3. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Svrha ovog rada prikazati osnovne metode uklanjanja uljnog onečišćenja obalnog područja zajedno s korištenom opremom i sredstvima prilikom nastanka različitih oblika onečišćenja.

Osnovni cilj ovog rada je analiza utjecaja uljnog onečišćenja na različite vrste obale te identifikacija i prikaz različitih oblika metoda, načina, opreme i sredstava pomoću kojih se sanira nastala šteta u okolišu.

Sukladno navedenom, moguće je definirati i istraživačka pitanja koja će se odgovoriti ovim radom:

1. Koje su osnovne sastavnice ulja koje utječu na okoliš?
2. Na koji način uljna onečišćenja utječu na različite površine nakon izljeva?

3. Na koji način dolazi do onečišćenja različitih oblika obala?
4. Koje su metode uklanjanja onečišćenja u obalnom području?
5. Kakvi oblici metoda uklanjanja uljnog onečišćenja postoje?
6. Koja su osnovna sredstva i oprema za sanaciju uljnog onečišćenja?
7. Koji su obvezni uređaji i oprema koju brodovi moraju posjedovati kako bi se spriječilo onečišćenje?
8. Kojom vrstom opreme za sprječavanje onečišćenja je moguće djelovati s obale?

1.4. ZNANSTVENE METODE

Prilikom izrade ovog rada korišteno je nekoliko znanstvenih metoda. Prvenstveno radi se o metodi analize pomoću koje je prikupljena literatura dostupna na znanstvenim bazama podataka te službenim stranicama svjetskih organizacija povezanih s područjem pomorstva. Potom., rad je izrađen korištenjem metoda sinteze, metode kompilacije, metode indukcije i dedukcije te metoda klasifikacije i deskriptivnom znanstvenom metodom.

1.5. STRUKTURA RADA

Rad je strukturiran u nekoliko osnovnih poglavlja pomoću kojih se detaljno prikazuju unaprijed definirani problem, predmet i objekti istraživanja. Prvo poglavlje rada predstavlja njegov Uvod u kojem se isti i definiraju, uz istraživačka pitanja, ciljeve i svrhu rada te njegovu strukturu. Drugo poglavlje rada prikazuje opće karakteristike ulja i uljnog sastava oblike ponašanja ulja u doticaju s površinama te manifestaciju i mogućnosti čišćenja uljnog onečišćenja na različitim oblicima obalnih područja. Treće poglavlje rada prikazuje mogućnosti primjene različitih metoda pomoću kojih je uljno onečišćenje moguće ukloniti i u potpunosti sanirati, pa je tako riječ o mehaničkim, fizikalno

mehaničkim, kemijskim i mikrobiološkim metodama uklanjanja onečišćenja. Četvrto poglavlje rada ističe sredstva i opremu koja se koristi prilikom saniranja uljnih onečišćenja te ističe kako je moguće koristiti upijače, sredstva za skrutnjivanje mase, omekšivače, odmašćivače, primjenjivati različite oblike brana te sakupljača ulja. Peto poglavlje rada prikazuje osnovnu opremu koja je prema Konvenciji MARPOL-a obvezni dio opreme svakog broda, ali i ostalu opremu koja se uglavnom povezuje s uređajima na kopnu odnosno obali, a pomoću kojih se može spriječiti nastanak uljnog onečišćenja.

2. OPĆENITO O ULJIMA I ULJNOM SASTAVU

Osnovna definicija ulja, koja je usvojena zajedno s Planom intervencija prilikom nastanka iznenadnih onečišćenja mora uljem, ističe kako je ulje svako postojano mineralno ulje koje dolazi kao proizvod nafte odnosno naftnih derivata te taloga ili otpadnih ulja koja navodi Međunarodna konvencija o sprječavanju zagađenja mora s brodova, neovisno o tome da li isti prevoze ulje kao teret ili kao zalihu goriva i maziva. Pritom, nužno je poznavati sve osnovne karakteristike ulja i načine njihova manifestiranja u vodi kako bi se u slučaju nastanka onečišćenja na adekvatne načine moglo pristupiti njegovu uklanjanju [2].

2.1. OSNOVE SASTAVA ULJA

Općenito, ulje se smatra općim izrazom kojega je moguće koristiti tijekom označavanja značajnog broja prirodnih tvari koje mogu imati biljno, životinjsko ili mineralno porijeklo, ali i prilikom isticanja značajnog broja sintetičkih spojeva. U prvom redu, sirova nafta smatra se prirodnom tvari koju sačinjavaju spojevi ugljikovodika, a prilikom povišenja njezine gustoće nekih od njezinih frakcija nastaju različiti oblici plinova, benzina, petroleja, ulja za loženje, teških ulja za loženje, mazivih ulja, asfalta te parafina. Fizička i kemijska svojstva ulja, a koja dalje dirigiraju i ponašanja na različitim površinama pa tako i na vodi te mogućnosti i učinkovitost akcija čišćenja, odnose se na razine njegove gustoće, viskoznosti, površinske napetosti, krutišta, plamišta te topljivosti [3].

Gustoća ulja predstavlja odnose između masa nekih supstanci prema njihovu volumenu te pritom djeluje na način da se ostvaruje disperzija ulja u vodi. Gotovo svaku ulje, s gustoćom manjom od $1,0 \text{ g/cm}^3$ ima mogućnost plutanja na površini vode, s iznimkom nekih oblika sirove nafte i perzistentnih oblika ulja za loženje veće gustoće. Pritom, vrlo je važno napomenuti kako se gustoća ulja koje je izliveno s vremenom povećava, s obzirom na sposobnosti hlapljenja u pojedinim frakcijama, odnosno njegova gustoća može prijeći zadanu granicu plutanja i na takav način ulje tone prema dnu [4].

Viskoznost se smatra mjerom unutarnjeg otpora toku od strane neke tekućine. Može se istaknuti da što je razina viskoznosti niža to je sposobnost supstance da teče veća. Ključan faktor od utjecaja na viskoznost, zajedno s ostalim fizičkim karakteristikama ulja je i razina temperature, odnosno snižavanjem temperature povećava se viskoznost ulja. Osim toga, ista je definirana i količinama lakših frakcija koje su osnovne sastavnice ulja te temperaturom u okruženju. Također, vrlo je važno istaknuti i kako prilikom uklanjanja uljnih onečišćenja viskoznost definira i ljepljivost mase ulja te mogućnosti njegova prodiranja u tlo kao i uklanjanja s različitih površina [4].

Površinska napetost jedna je od karakteristika ulja koja se definira kao snaga privlačnosti između površinskih molekula neke tekućine, a u kombinaciji s viskoznosti utječe na mogućnosti i brzinu kojom će se neko uljno onečišćenje proširiti po površini vode, na kopnu ili prodrijeti unutar tla. Ako je riječ o ulju male gustoće, kao što je to primjerice sirova nafta ili laka ulja za loženje, kod istih se bilježi mala površinska napetost koja se s rastom temperature dodatno smanjuje, čime se povećava brzina širenja uljnih mrlja [4].

Krutište predstavlja temperaturu na kojoj ulja postaju polučvrsta te ne mogu teći što je ujedno i posljedica stvaranja unutrašnjih mikrokristalinih struktura te se smatra i jednom od najvažnijih karakteristika svakog ulja. Kod ostvarenja prirodnih uvjeta, krutište sirove nafte postiže se pri temperaturi od 32°C do -57°C , dok s druge strane, benzini te ostala tekuća ulja uglavnom su na temperaturama koje su iznad njihova krutišta, dok su ostali oblici polučvrstih ulja na temperaturama ispod vlastitog krutišta, a u potpuno tekuće stanje prelaze isključivo prilikom utjecaja vrlo visokih temperatura [4].

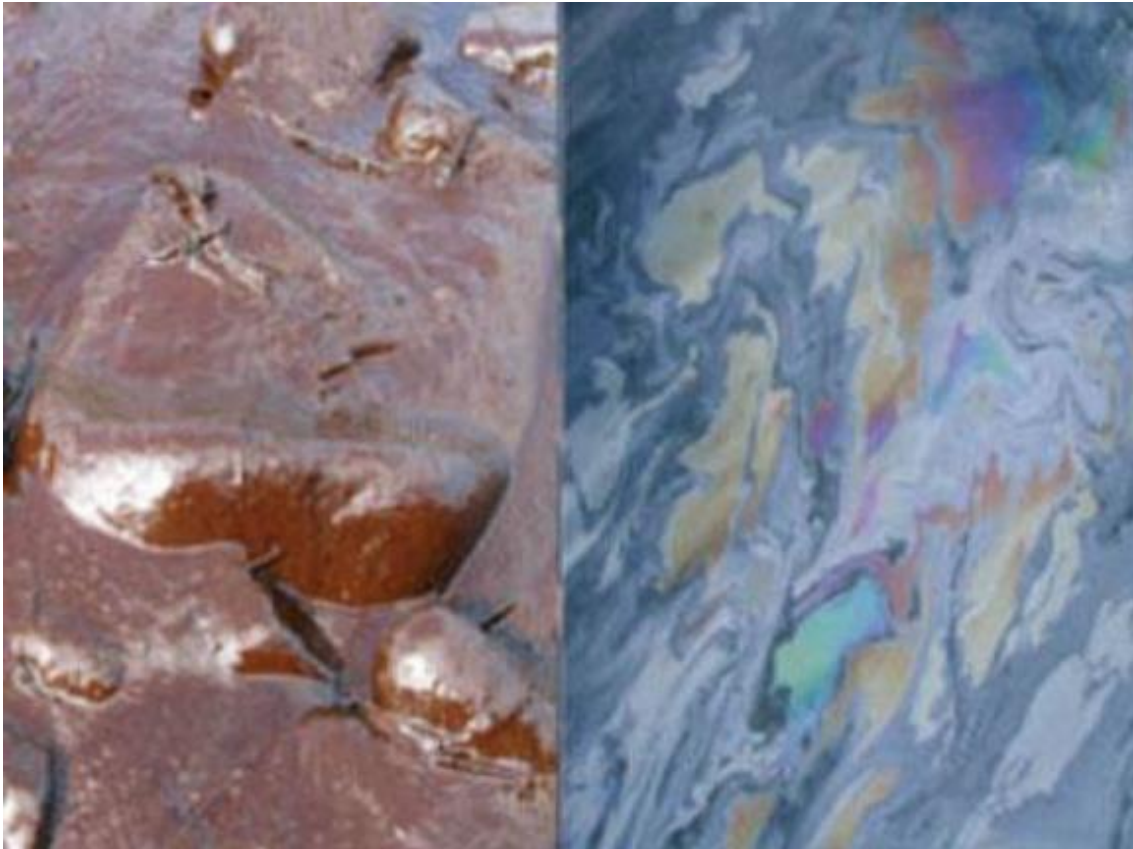
Plamišta ulja smatraju se temperaturama na kojima se uljne pare zapaljuju prilikom izlaganja izvorima topline te se smatra značajnim čimbenikom u pogledu sigurnosti tijekom izvođenja operacija uklanjanja onečišćenja. Konkretni rizici koji se povezuju s izlivanjem, pri svim atmosferskim uvjetima, su benzini, dok se „bunkerska“ ulja i teška ulja za loženje ne smatraju ozbiljnim opasnostima [4].

Topljivost predstavlja svojstvo tvari odnosno ulja da se u dodiru s određenim otapalima, uglavnom vodi, i otopi. Pritom, važno je naglasiti kako je razina otapanja ulja u vodi vrlo slaba, uglavnom se kreće na razinama manjima od 5 dijelova na milijun dijelova, iako predstavlja jedan od ključnih procesa u odnosu na potencijal toksičnosti ugljikovodika kada su u pitanju vodeni organizmi [4].

2.2. OBLICI PONAŠANJA ULJA NA POVRŠINAMA

Svako se ulje prilikom ostvarenja kontakta s morem može ponašati na nekoliko različitih načina. Prilikom dolaska do izljeva nafte s brodova, vremenski i morski uvjeti smatraju se najutjecajnijim čimbenicima povezanim s ponašanjem nafte unutar morskog okoliša [2].

Tijekom promatranja ponašanja ulja u morskim okolišima vrlo često dolazi i do pravljenja razlike u kategorijama postojanih odnosno teških ulja te nepostojanih odnosno lakih ulja. Nepostojanim uljima se smatraju ona ulja kod kojih se u trenutku njihove otpreme nalazi minimalno 50% frakcija ugljikovodika, po volumenu, destiliraju prilikom postizanja temperatura razine 340° C te minimalno 95% ugljikovodičnih frakcija. Postojanim uljima se smatraju sirova nafta, lož ulja, različiti oblici maziva i asfalti, a osnovna im je karakteristika da se znatno sporije raspadaju unutar morskog okoliša te uglavnom zahtijevaju uklanjanje. Činjenica da imaju produljeni utjecaj utječe i na to da ih je lakše zapaziti. Naravno, ovi oblici ulja predstavljaju i značajne prijetnje prirodnim resursima u trenucima kada su oslobođena, a posebno se povezuju s negativnim učincima na staništa divljih životinja te zauljivanje plaža. S druge strane, nepostojanja ulja, kao što su benzini, mlazno gorivo, lagano dizel gorivo, benzeni i petrolej imaju značajniju tendenciju prema bržem raspadanju unutar morskih okoliša i tek u rijetkim slučajevima zahtijevaju reakcije. Međutim, vrlo je važno za istaknuti kako je ovaj oblik ulja značajno teže zamjetljiv u okolišu od postojanih [5].



Slika 1. Prikaz postojanog i nepostojanog ulja unutar morskog okoliša

Izvor: Dobrinić, J. Onečišćenje mora uljima i elementima u tragovima, Pomorski zbornik, 2000:38 (1):1-

25

Nakon što se dogodi izlivanje nafte u more, ista ima tendenciju normalnog širenja te kretanja površinom mora, prvenstveno potaknuta vjetrom i morskim strujama, a pritom je važno istaknuti kako ista prolazi kroz značajan broj fizikalnih i kemijskih promjena. Takve je procese moguće nazvati i vremenskim procesima, a predstavljaju mogućnosti i postupak trošenja ulja u određenom vremenskom periodu te koji utječe na njegovo daljnje ponašanje [6].

Tablica 1. Prikaz fizikalnih i kemijskih učinaka vremenskih procesa na svojstva ulja

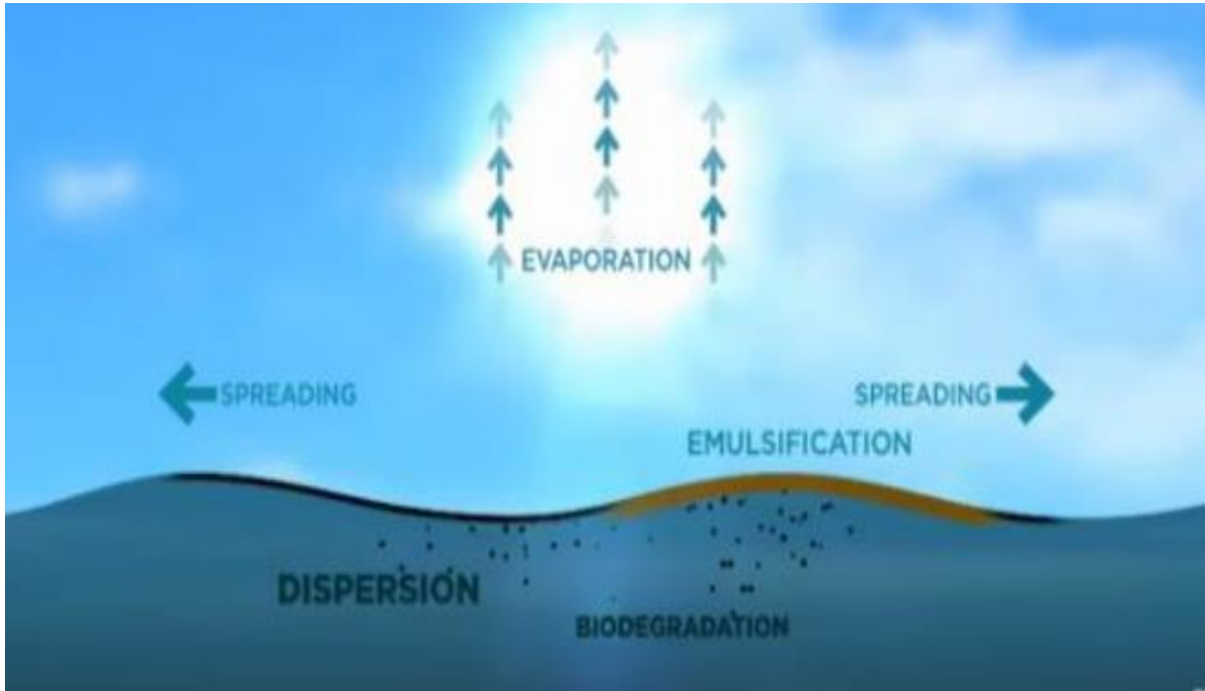
Svojstva ulja	Prirodni vremenski procesi	Učinci na svojstva ulja
Viskoznost	Gubitak komponenti niske molekularne težine isparavanjem i/ili otapanjem i/ili biorazgradnjom	Povećanje viskoznosti
	Formiranje emulzije voda-u-ulju, uključujući 'pjenu'	Povećanje viskoznosti
Specifična gravitacija	Gubitak komponenti niske molekularne težine isparavanjem i/ili otapanjem i/ili biorazgradnjom	Povećanje specifične gravitacije
Volumen ulja na površini	Gubitak komponenti niske molekularne težine isparavanjem i/ili otapanjem i/ili biorazgradnjom	Smanjenje volumena
	Gubitak malih kapljica raspršivanjem	Smanjenje volumena
	Emulzifikacija i/ili bioraspršivanje	Povećanje volumena
Potencijalna toksičnost	Gubitak komponenti niske molekularne težine isparavanjem i/ili otapanjem i/ili biorazgradnjom	Smanjenje akutne toksičnosti
	Nastanak produkata fotooksidacije na površini ili djelomično oksidiranih metabolita zbog nepotpune razgradnje	Povećanje toksičnosti

Izvor: Dobrinić, J. Onečišćenje mora uljima i elementima u tragovima, Pomorski zbornik, 2000:38 (1):1-

U vremenske je procese moguće uključiti i sve promjene u svojstvima ulja koje uzrokuju fizički, kemijski i biološki procesi u trenutku kada je samo ulje izloženo prirodnim uvjetima, kao što su primjerice uvjeti u morskom okolišu. Takvi kombinirani procesi, zajedno s izvornim kemijskim sastavima ulja te protekom vremena od trenutka njihova izlijevanja znatno utječu na ponašanja, kemijske sastave te količine zaostalog ulja nakon trenutka njegova izlijevanja. U vremenske procese ulja moguće je ubrojiti sljedeće:

- Proces širenja ulja,
- Proces isparavanja ulja,
- Proces raspršivanja ulja,
- Proces emulzifikacije ulja,
- Proces otapanja ulja,
- Proces oksidacije ulja,

- Procese taloženja te potonuća ulja,
- Proces biorazgradnje ulja. [6]

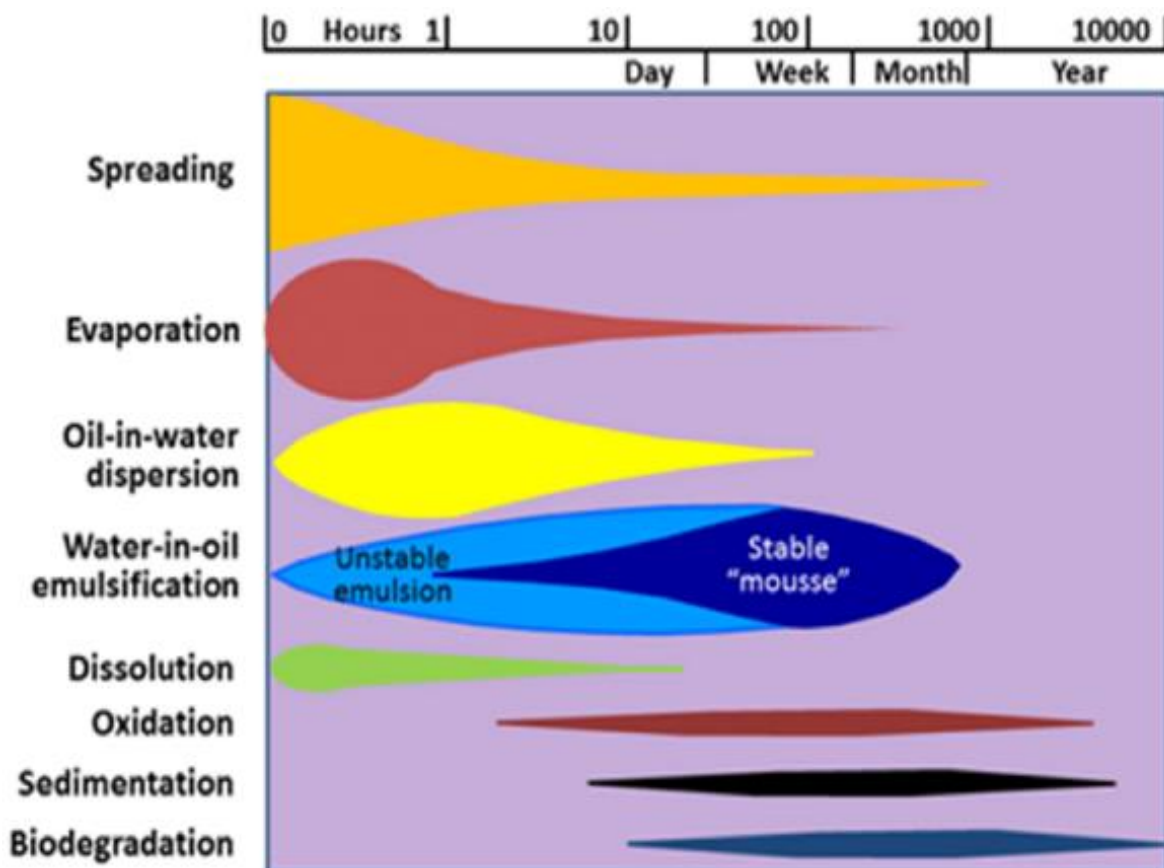


Slika 2. Prikaz vremenskih procesa ulja unutar morskog okoliša

Izvor: Zhang, B. et. al., Marine Oil Spills – Oil Pollution, Sources and Effects, World Seas: An Environmental Evaluation, 2019.

Općenito, svaki do navedenih procesa može se raspodijeliti unutar jedne od dvije kronološke kategorije pomoću kojih se definira vrijeme u kojemu je njihov utjecaj najznačajniji, a podrazumijevaju:

- Ranu fazu izlivanja u koju se ubrajaju procesi širenja, isparavanja, raspršivanja, emulgiranja te otapanja
- Kasniju fazu izlivanja u koju se ubrajaju procesi oksidacije, taloženja, i biorazgradnje. Ovi procesi smatraju se i dugoročnim procesima pomoću kojih se određuje i konačna sudbina izlivenog ulja [7]



Slika 3. Prikaz vremenskih procesa prilikom izlivanja nafte unutar morskog okoliša

Izvor: Zhang, B. et. al., Marine Oil Spills – Oil Pollution, Sources and Effects, World Seas: An Environmental Evaluation, 2019.

Proces širenja ulja po morskim površinama započinje s trenutkom u kojem se izlijeva ulje unutar morskog okoliša. Brzina širenja određena je u najvećoj mjeri stupnjem viskoznosti ulja, a koja s druge strane ovisi o uljnom sastavu i te temperaturi u okolišu. U tom smislu, ulje niske viskoznosti te većeg stupnja tečnosti širiti će se brže u odnosu na ulja kod kojih je stupanj viskoznosti veći te imaju manje stupnjeve tečnosti. Viskoznost ulja obrnuto je proporcionalna temperaturi okoline, stopa ulje pokazuje znatno veće stupnjeve viskoznosti kada su temperature niže, i obrnuto manji stupanj viskoznosti pri višim temperaturama. Proces raspršivanja je u rijetkim situacijama jednolik te su za ulja karakteristične značajne varijacije po pitanju debljine plutajućih slojeva. U vremenskom periodu od nekoliko sati mrlje nastale izlivanjem ulja uglavnom se počinju raspadati što je posljedica utjecaja vjetrova, djelovanja morskih valova te turbulencija vode, a vrlo često dolazi i do stvaranja uskih traka koje su paralelne sa smjerovima vjetrova. Osim vrste

izlivenog ulja, na brzinu kojom će se isto proširiti utječe i značajan broj okolinskih uvjeta, kao što je temperatura, strujanja mora, uvjeti plime ili oseke te brzina vjetra. Postojanje viših temperatura u okolini, snažnije strujanje vjetra i postojanje izraženih morskih struja uglavnom dovodi i do znatno većeg proširenja uljnog onečišćenja [7].

Proces isparavanja se odnosi na jedno od svojstava ulja koje se ostvaruje prilikom dodira istog i morske površine. Brzina isparavanja pritom, određena je stupnjem hlapljivosti ulja. Naime, kod ulja koje sadrži značajne postotke lakih i hlapljivih spojeva zabilježe su tendencije bržeg isparavanja, nego što je to slučaj s uljem koje sadrži veće količine težih spojeva. Primjerice, laki produkti odnosno benzini, kerozin te dizeli uglavnom u potpunosti isparavaju tijekom vremenskog perioda od nekoliko dana. S druge strane, u usporedbi s njima teška loživa ulja u istom vremenskom periodu će imati značajno niže razine isparavanja. U umjerenim klimama, hlapljive će komponente ulja koja imaju vrelišta ispod 200°C će uglavnom ispariti tijekom prva 24 sata. Brzina isparavanja, pritom, određena je i brzinom širenja ulja, stoga će veća površina mrlje utjecati i na povećanje brzine isparavanja. Utjecaj morskih valova, povećana brzina vjetra te postojanje visokih temperatura također su čimbenici od utjecaja na brzinu isparavanja. Tijekom odvijanja ovog procesa jedan dio uljnog onečišćenja iz mora odlazi i u atmosferu [7].

Proces raspršivanja ulja iz kompaktne površine na kapljice događa se u trenutku najvećeg djelovanja valova i površinske turbulencije vode. Prilikom djelovanja ovih sila moguće je da se neka uljna onečišćenja razbiju na fragmente koji podrazumijevaju kapljice različite veličine, a kod kojih je karakteristično kako se miješaju u gornjim razinama vodenih stupaca. Dio manjih kapljica ostaje suspendiran unutar morske vode, dok veće kapljice teže ponovnom izlasku na površinu. U tom trenutku, raspršene kapljice se mogu ponovno preoblikovati u mrlju ili se mogu raširiti do te mjere u kojoj tvore vrlo tanak film na morskoj površini. Proces raspršivanja kapljica ulja ima i znatno veći omjer površine u usporedbi s volumenima plutajućeg ulja, stoga utječu i na poticanje drugih prirodnih procesa kao što je otapanje, biorazgradnja te taloženje [7].



Slika 4. Prikaz raspršivanja mrlja uzrokovanog valovima i turbulencijom mora

Izvor: Zhang, B. et. al., Marine Oil Spills – Oil Pollution, Sources and Effects, World Seas: An Environmental Evaluation, 2019.

Brzina raspršivanja, također, uvelike je ovisna o prirodi samog ulja, ali i o stanju morskog okoliša. Raspršivanje će se najbrže dogoditi u slučajevima kada se izlije lagano ulje s niskim stupnjem viskoznosti, te u slučajevima kada su morske površine iznimno nemirne. Procesi prirodnog raspršivanja mogu se pospješiti i ubrzati na način da se na mrlju dodaju i kemijski oblici raspršivača [7].

S druge strane, do stvaranja emulzije dolazi u slučajevima kada se spajaju dvije tekućine, pri čemu se jedna tekućina suspendira unutar druge [2].



Slika 5. Prikaz emulzije vode u ulju i emulgirani mazut

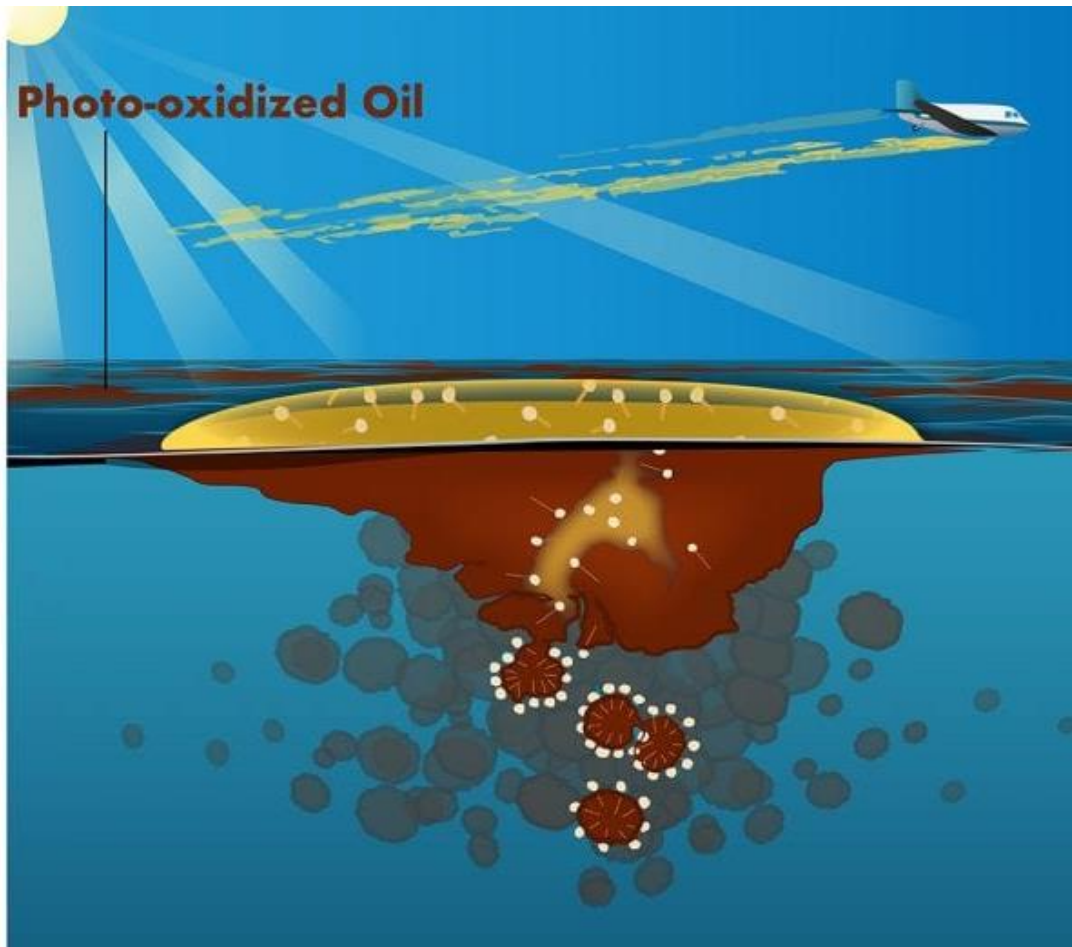
Izvor: Zhang, B. et. al., Marine Oil Spills – Oil Pollution, Sources and Effects, World Seas: An Environmental Evaluation, 2019.

Proces emulzifikacije podrazumijeva stvaranje kapljica unutar uljne matrice (voda u ulju) ili obrnuto, kapljica ulja unutar vodene matrice (ulje u vodi), a koje nastaju u procesu miješanja uzrokovanih aktivnošću vjetrova ili valova. Emulzija koja pritom nastaje ima značajne razine viskoznosti i postojanija je od izvornog oblika ulja. Ukoliko uključuje između 60 i 80% vode, stabilnoj emulziji je moguće povećati efektivni volumen prolivenog ulja i to od dva do pet puta, što ujedno utječe i na usporavanje, ali i na odgađanje ostalih procesa povezanih s razgradnjom ulja te može rezultirati komplikacijama prilikom akcije uklanjanja uljnog onečišćenja s površina. Naime, ulja koja su uvučena u emulzijske pjene otporna su na raspršivanje kemikalijama te na procese biorazgradnje, upravo zbog stupnja svoje viskoznosti, malih rasutih površina te otežavanja procesa nadopune hranjivim tvarima. Tako ulja kod kojih je zabilježena razina asfaltena veća od 0,5% imaju veću tendenciju prema stvaranju stabilne emulzije koja se

može održati i do nekoliko mjeseci nakon što je izliveno. U usporedbi s njima, ulja kod kojih je zabilježen manji postotak asfaltna ostvaruju znatno manje vjerojatnosti da će formirati emulzije. Važno je istaknuti i kako emulzije imaju tendencije da prijeđu iz plutajućih površinskih pojava u potopljene vodene stupove, a koji uzrokuju znatno sporiji oporavak u morskome okolišu. Pod utjecajem sunčevog zagrijavanja emulzija se može ponovno odvojiti na ulje i vodu, i to prilikom ostvarenja mirnih uvjeta ili pak u doticaju s obalom [7].

Proces otapanja nastaje kao posljedica činjenice da svako ulje u sebi nosi i određene spojeve koji su topivi u vodi, odnosno u morskome okolišu. Ovaj proces je najbrži u situaciji kada su ulja raspršena u vodenim stupcima. Sastavnice ulja koje se tope u vodi predstavljaju lagane aromatske spojeve ugljikovodika kao što je benzen ili toluen. Ipak, ti spojevi se ujedno odnose i na one sastavnice koje prve nestaju iz ulja tijekom procesa isparavanja, a koji je između 10 i 1000 puta brži od procesa otapanja. Kod većine oblika sirovog ulja te svih oblika loživih ulja zabilježene su relativno male količine ovih spojeva, stoga se proces otapanja smatra manje značajnim procesom koji se odvija tijekom kontakta ulja i mora [8].

U procesu oksidacije ulje je u mogućnosti kemijski reagirati s kisikom te se raspadati na topljive produkte ili stvarati postojeće spojeve koji su poznati pod nazivom katrani. Ovaj proces omogućen je postojanjem sunčeve svjetlosti, koja djeluje vrlo sporo, pa se stoga i prilikom najveće izloženosti suncu slojevi ulja raspadaju uglavnom brzinom manjom od 0,1% dnevno. Nastajanje katrana uzrokovano je procesom oksidacije koji se odvija unutar debelih slojeva ulja ili emulzija kod kojih su zabilježene značajne stope viskoznosti. Kroz ovaj proces moguće je i stvaranje vanjskog zaštitnog premaza teškim spojevima što utječe na dodatnu postojanost samog ulja. U osnovne primjere takvih procesa uključuju se katranske mase u obliku lopti, koje se vrlo često pojavljuju na području obala, imaju vrlo čvrste vanjske kore koje okružuju mekše i manje trošne unutrašnjosti [7].



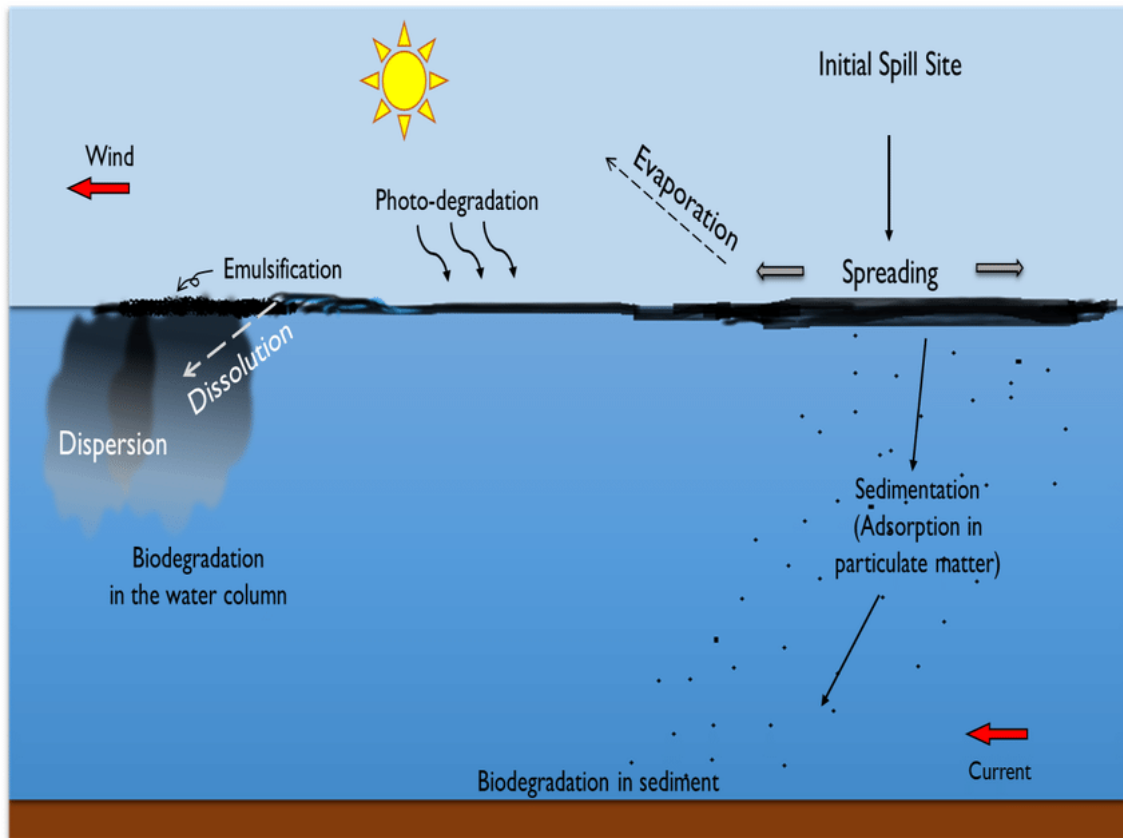
Slika 6. Prikaz oksidacije ulja

Izvor: Oceanus, 2023.

Tek je neznan broj ulja koja nakon izlivanja u morski okoliš tonu prema morskom dnu. Tijekom približavanja plutajućeg ulja prema obalnom području dolazi do procesa njegova taloženja. Naime, nakon što završi proces isparavanja svih lakših spojeva te djelovanjem različitih spojeva mrlja nestane na površini mora, neka ulja mogu ostvariti gustoću koja je približna gustoći morske vode. U trenucima kada plutajuća, potopljena ili raspršena ulja ostvare kontakte sa suspendiranim talogom, može doći do njihova povezivanja. Ova je pojava posebice izražena na području s plitkim vodama. Ukoliko je zagađenje znatno izraženo, na morskom dnu može doći do stvaranja gustih mrlja katrana i to u značajnoj blizini obale. Nadalje, ulje koje se nasuče na pješčanu obalu vrlo često se pomiješa i s pijeskom te drugim obalnim sedimentima. Ukoliko dođe do naknadnog

ispiranja smjese s plaža, ista uglavnom tone na morsko dno. Osim toga, ukoliko dođe do zapaljenja ulja ili se isto dobrovoljno spaljuje izgaranjem na licu mjesta, ostaci koji se mogu formirati ostvaruju dovoljnu razinu gustoće da mogu potonuti [8].

Ulje koje se nalazi u kontaktu s morskom vodom podložno je i procesu biorazgradnje. Naime, u morskoj vodi bilježi se značajan broj različitih mikroorganizama koji ugljikovodike koriste kao izvore energije te zbog toga imaju mogućnost djelomične ili potpune razgradnje ulja do spojeva koji su topljivi u vodi, a potom i do ugljičnog dioksida te same vode. Postoji i značajan broj morskih mikroorganizama koji razgrađuju i određene skupine spojeva unutar sirove nafte. Međutim, postoje i spojevi koji se pojavljuju kao sastavnica u uljima, a koji pokazuju značajne razine otpornosti i vrlo teško su razgrađivi. U osnovne čimbenike od utjecaja na razgradnju ubrajaju se razine hranjivih tvari, primjerice dušika i fosfora u vodi, razina temperature te količina kisika koji je prisutan. S obzirom na činjenicu da je za proces biorazgradnje ulja neophodan kisik, isti proces se može odvijati isključivo na sučeljima ulja i vode, posebno iz razloga što kisik nije odstupan u samom ulju. U procesu raspršivanja, stvaraju se kapljice ulja koje utječu na povećanje volumena i površine ulja, što s druge strane dodatno utječe na povećanje površine na koju se mogu pričvrstiti i različiti oblici mikroorganizama te na takav način dolazi do procesa biorazgradnje [7].



Slika 7. Prikaz biorazgradnje ulja u dodiru s morem

Izvor: Oceanus, 2023.

Svi oblici ponašanja ulja unutar morskog okoliša utječu na mogućnosti njegova uklanjanja i sanacije, stoga je poznavanje istoga u različitim uvjetima ključno za primjenu tehnologija koje se smatraju najučinkovitijima u procesima u kojima je onečišćenje nastalo [5].

2.3. UTJECAJ ULJA NA POVRŠINE NAKON IZLJEVA

Značajna uljna onečišćenja morskog okoliša događaju se u trenucima potonuća velikih tankera te u situacijama u kojima pucaju naftovodi ili se dogode nesreće na bušotinama. Uzroci uljnog onečišćenja morskog okoliša mogu biti ljudske pogreške, kvarovi na opremi, prirodne pojave ili katastrofe te namjerno uzrokovanje primjerice vojnim akcijama, ilegalna ispuštanja ulja u okoliš ili pak svakodnevno korištenje plovila [9].

Posljedice koje se mogu pojaviti nakon što uljno onečišćenje dospije u okoliš uglavnom mogu biti katastrofalne, posebice u slučajevima ako se dogode u blizini obalnih područja. Ovi oblici posljedica mogu se manifestirati kroz utjecaj na rekreacijske aktivnosti prilikom kojih se ugrožavaju i estetika i zdravlje, ali i gubitak povjerenja nakon provedenih akcija čišćenja, potom su vidljive posljedice na industriju u smislu ugrožavanja brodogradilišta, elektrana i pomorskog prometa (posebno prilikom korištenja brana koje onemogućavaju manevriranje. U najvažnije učinke ubrajaju se oni koje onečišćenje ostavlja na živi svijet koji je vrlo ovisan o osjetljivosti morskog staništa, naime učinak onečišćenja nije jednak na otvorenom moru i uz obalu, odnosno situacija se znatno pogoršava jednom kada onečišćenje dospije do obalnog područja. Također, ovisi i o vremenskim prilikama, te sastavu, koncentraciji i količini onečišćenja o kojemu se radi. Opasnosti uljnog onečišćenja na floru i faunu u morskome okolišu može se manifestirati kroz fizičku narav (postojanje fizičkog zatrovanja i para), kemijsku narav (otrovni načini djelovanja i akumulacija koja rezultira onečišćenjem), oštećenje sustava flore i faune te prirodnih staništa, čak i tijekom operacije čišćenja [10].

U štetne učinke kada su u pitanju morski organizmi mogu se ubrojiti različiti oblici trovanja. Trovanje pritom može biti akutno i rezultirati smrtnim odnosno tragičnim posljedicama koje nastupaju istog trenutka kada je živi organizam izložen većoj koncentraciji, isto tako može biti i kronično odnosno manje smrtno, ali je uzorkovano izloženošću onečišćenja u dužim vremenskim periodima koje može rezultirati reproduktivnim i genetskim promjenama koje ujedno i ugrožavaju opstanke biljnih ili životinjskih vrsta na određenim područjima. Direktni kontakt s uljnim onečišćenjem dovodi do mehaničkih oštećenja organizama te se događa potpuno prekrivanje pojedinih površina, odnosno ima negativne posljedice na termoregulaciju, kretanja organizama, mogućnosti disanja, gutanja te ostvaruje nepovoljne učinke na živčani sustav. Indirektni fizički kontakt uljnog onečišćenja može rezultirati utjecajem na staništa, u slučajevima kada uljno onečišćenje prekrije morsku površinu te na takav način dolazi do nekontroliranog razvoja bakterija koje zahvaljujući smanjenoj količini kisika rezultiraju poremećajima unutar hranidbenih lanaca te na takav način narušavaju i kvalitetu morskog okoliša [9].

Uljna onečišćenja mogu ostaviti posljedice na sve vrste životinja, međutim određene su vrste posebno ugrožene što je posljedica posebnog načina života, primjerice kod

životinjskih vrsta koje se samostalno ne kreću (planktoni). Značajno su ugrožene i one vrste životinja koje žive na granicama između mora i kopna ili zraka i mora, kao što su primjerice različite vrste sisavaca i ptica te njihova jaja i mladunci. U negativne učinke naftnih izljeva i njezinih derivata na ptice i sisavce ubrajaju se iritacije očiju, pojava probavnih smetnji nakon što ugljikovodici dospiju u probavni sustav, pojava hipotermije kod ptica što je posljedica lijepljenja perja, mogućnosti razvoja upale pluća, promjene u navikama razmnožavanja, genetske promjene te promjene u ponašanju. Uljno onečišćenje utječe i na dodatan rast heterotrofnih oblika bakterija koje se hrane ugljikohidratima. U usporedbi s kompleksnijim vrstama organizama učinak onečišćenja na alge znatno je manje negativan. Alge se nalaze ugrožene u trenucima izljeva uljnog onečišćenja, prvenstveno jer je u tim trenucima razina kisika u morskoj vodi na najnižim razinama. Posljedice su značajnije kod drugih morskih biljnih zajednica prvenstveno iz razloga što apsorbiraju sunčevu svjetlost od strane mrlje utječe na sprječavanje provođenja procesa fotosinteze. S druge strane, ukoliko obitavaju u zagađenom morskom okolišu ribe kroz škrge u svoj organizam mogu unijeti dijelove onečišćenja, međutim u trenutku kada se presele u čisti morski okoliš vrlo jednostavno uklanjaju prisutnost ugljikovodika iz organizma [10].

U pogledu velikih morskih bića kao što su kitovi, glavonošci, ribe, kornjače i dupini koji su vrlo pokretni, smatra se kako nisu pretjerano ugroženi uljnim onečišćenjem. Međutim, vrste morskih životinja koje žive uz obale mora, kao što su gmazovi, tuljani ili kopnene kornjače znatno su ugrožene u slučajevima pojave uljnih onečišćenja mora. Ove vrste ovise o kisiku i nužno je da izađu na morsku površinu zbog disanja te na kopno kako bi se razmnožavali i širili vlastitu populaciju te provodili ostale relevantne životne funkcije povezane s obalnim područjem [11].

Najosjetljivija životinjska populacija je ona koja se skuplja u plićim morima ili na obalama te ima mnogobrojne zajednice. U ove ugrožene vrste moguće je ubrojiti populacije pingvina, patki, ronaca, velikih vranaca te morskih ptica. Isti se hrane na način da rone do svog plijena, stoga se u najčešće uzroke uginuća ubrajaju gutanja ulja, utapanja, gubici tjelesne temperature te izgladnjivanja. Različita uljna onečišćenja rezultirala su ugrožavanjem brojnih ptičjih populacija, posebno iz razloga što značajan broj ptičjih vrsta na moru i obalnom području sporo odrasta, dugo živi te se vrlo sporo razmnožava [10].

2.4. ULJNO ONEČIŠĆENJE RAZLIČITIH TIPOVA OBALE

Obalna područja predstavljaju granične pojaseve između mora i kopna te se smatraju jednim od najizloženijih dijelova u morskim okolišima utjecajima uljnih onečišćenja, koja mogu svoje posljedice ostaviti na pješčanim, blatnim ili stjenovitim područjima i to posebice za vrijeme trajanja oseke. U usporedbi sa svim drugim tipovima obala, kameniti oblici dominiraju svjetskim obalnim područjem i za njih je karakteristično kako su nastanjeni brojnim organizmima koji se prilagođavaju okolišnim uvjetima, te su upravo iz tih razloga i ugroženi. Ukoliko se pojavi onečišćenje, stope oporavka su značajno manje i duže od uobičajenih. Naime, problematika kamenite obale uglavnom ovisi o topologijama, položajima i strukturnim sastavima, što pretpostavlja činjenicu da ukoliko je riječ o obalama s manjim nagibima unutar zaklonjenih uvala može se koncentrirati značajna količina uljnog onečišćenja, koje ne nestaje ni s protekom godina. Učinci ulja na ekosustave u ovisnosti su o razini njegove viskoznosti, otrovnim svojstvima, trajanju izloženosti njegovom djelovanju te stupnju osjetljivosti morskih organizama koji su u izloženi [4].

Također, i postupci uklanjanja uljnih onečišćenja na obalama zahtijevaju i posebne postupke, u odnosu na onečišćenja na moru, prvenstveno iz razloga što nasukana ulja uglavnom ostaju na tim mjestima ili se vrlo sporo kreću, te provođenje kopnenih aktivnosti uglavnom manje ovisi o vremenskim prilikama nego što je to slučaj s aktivnostima na moru, a važno je spomenuti i čimbenike sigurnosti i izvodivosti koji se nužno moraju uzimati u obzir. Uklanjanje uljnog onečišćenja s obalnog područja može biti dugotrajno, odnosno zahtijevati značajan broj dana ili tjedana, pa čak i mjeseci, stoga se uobičajenom praksom smatra integracija i kombinacija većeg broja načina zaštite i mogućnosti čišćenja obale unutar strategija koje se istovremeno provode [2].

U osnovne ciljeve zaštite obalnog područja ubraja se sprječavanje kontakta nafte i naftnih derivata s obalnim područjima, ili ukoliko to nije u potpunosti moguće, svođenje istog na najmanje moguće mjere. Pritom, moguće je kombinirati različite aktivnosti, tehnike i oprema pomoću koje se:

- Uklanjaju sve prljavštine s obalnog područja prije nego se uljno onečišćenje ispere na obalno područje,
- Zadržavaju plutajuće mrlje uljnog onečišćenja prije nego ostvare kontakte s obalnim područjem,

- Odbacuju mrlje uljnog onečišćenja na mjesta udaljenija od obalnih područja,
- Hvataju ili zadržavaju te sakupljaju mrlje uljnog onečišćenja na obalnom području,
- Sprječavaju mogućnosti da se nasukane mrlje uljnog onečišćenja ponovno izlije natrag u more te ostvari dodatan utjecaj i na susjedna područja,
- Sprječavaju mogućnosti ispiranja uljnog onečišćenja preko plaža u lagune ili druga obalna područja. [7]

Kada je u pitanju nauljena obala, osnovni cilj njezina oporavka podrazumijeva povratak iste u prvobitno stanje prije nego se dogodilo onečišćenje. Međutim, definicija određenih razina čistoće kod svakog izlivanja je drugačija, čak je različita i unutar faza koje čine jednu operaciju sanacije. Također, oporavci uglavnom uključuju postupke uklanjanja određenih dijelova ulja, dok se preostali dijelovi prepuštaju procesima prirodne razgradnje, koja se u nekim slučajevima pokazala i kao jedan od najboljih načina djelovanja protiv onečišćenja. Osim toga, konačna razina dopuštene koncentracije ulja mora i treba biti određena konsenzusom te mora uključivati sve posljedice koje sito ostavlja u okolišu, a isto mora biti odrađeno tijekom planiranja djelovanja u nepredviđenim situacijama i mapiranja stupnjeva osjetljivosti prije nastupa bilo kojeg oblika izlivanja. Spomenutim procesom potrebno je uravnoteženje sukobljenih ekoloških, društvenih i ekonomskih čimbenika. Mogućnost smanjenja ukupnih posljedica na okoliša na učinkovite načine uglavnom podrazumijeva kombinacije različitih tehnika, koje uključuju:

- Mogućnosti prirodnog oporavka,
- Fizičke oblike pranja ili ispiranja,
- Fizičke oblike uklanjanja,
- Fizičke in-situ tretmane (u ove oblike se uključuje i spaljivanje),
- Kemijske ili biološke tretmane. [6]



Slika 8. Prikaz uljnog izljeva na obalama

Izvor: Greenpeace, 2022.

Posebne karakteristike svakog tipa obalnog područja, ali i vrste tla podrazumijevaju i primjenu različitih postupaka, a sve s ciljem nanošenja što manje razine štete u procesima čišćenja i obnove:

- Pješčani tip obale podrazumijeva nužnost izbjegavanja uništenja vegetacije, saniranja prostora zakopavanjem zauljenih ostataka, sprječavanje prodiranja uljnog onečišćenja na neonečišćeno područje ili ranije očišćenu zonu, zabranu prelaska ljudi ili strojeva onečišćenim površinama te zabranu korištenja nerazrijeđenih oblika disperzanata. Disperzante i druge kemikalije moguće je upotrebljavati kod nadolazeće plime, dok se apsorbenti koriste u procesu skupljanja uljnih mrlja nakon plime. Osim toga, nužno je provoditi postupak grabljanja površinskih slojeva zauljenog pijeska kako bi se pospješila biološka razgradnja te uspostavio dovoz svježih količina pijeska.
- Šljunčani tip obale zahtijeva nužno odstranjenje zauljenog pijeska od čistog sloja te njegovu zamjenu svježim, čistim, pijeskom. Moguće je koristiti brane za sakupljanje ulja koje isplivava iz šljunka potaknuto plimom, valovima ili strojevima. Osim toga, nužno je poduzimanje mjera kojima se sprječava da ulje prodre u susjednu obalu ili u ranije očišćenja područja

- Stjenovite obale se čiste korištenjem disperzanata na površinama koje su izložene uljnom onečišćenju te kasnije ispiranje mlazom vode potaknutim niskim tlakom te se mogu primijeniti ručne metode čišćenja, a koje se smatraju teškima te manje djelotvornima, ili strojno čišćenje koje se negativno odražava na obalne promjene [12].

Postupci čišćenja obalnog područja zahtijevaju donošenje brzih odluka i određivanje tipova onečišćenja, tipova obalnog područja te njihove dostupnosti. Samu operaciju uklanjanja uljnog onečišćenja moguće je podijeliti u tri različite faze:

- Faze hitnoće – nužnost prikupljanja uljnog onečišćenja u blizini obalnih područja,
- Faze projekata – postupci uklanjanja uljnog onečišćenja te zagađenih materijala s obalnog područja,
- Faze poliranja – postupci posljednjeg čišćenja preostalih dijelova uljnog onečišćenja. [12]

U prvoj fazi svi se resursi prebacuju na onečišćeno područje u što kraćim rokovima, kako bi bilo moguće spriječiti potencijalno ostvarenje većih šteta na okoliš. Unutar ove faze započinje se s korištenjem svih prikupljenih materijala. Druga faza podrazumijeva postojanje komponenti sveukupne operacije sanacije onečišćenog područja i ne promatra se zasebno. Tijekom svake faze, prioritet je sakupljanje plutajućeg ulja koje se kreće prema obalnom području. Osim toga, ukoliko postoji već nataloženo ulje na obalnom području, isto je potrebno ograditi branama, kako bi se spriječio ponovni proces zagađenja mora nakon što nastupi plima. Ove se faze ne primjenjuju u slučajevima osjetljivih obala, u takvim situacijama nužno je ulje prebaciti na neka druga područja kako bi se izbjegle veće katastrofe [13].

Postupci uklanjanja rasutih ulja te tretiranja zauljenih obala mogu se izvesti korištenjem pumpi, vakuumskih kamiona te skimera [13].

Mehanički oblici prikupljanja

Kada je riječ o uljima koje karakterizira visoka razina viskoznosti gusta emulzija može biti odvojena od morske površine uz pomoć kanti ili lopata. Pritom, nužno je da postoji spretnost prilikom izvođenja takvih radnji kako bi se tijekom faza prikupljanja ulja

spriječilo prikupljanje i određenih količina morske vode. Osim toga, potreban je značajan oprez prilikom rukovanja strojevima i opremom kako se obalni pojas ne bi dodatno onečistio. Korištenje bagera smatra se vrlo učinkovitim, ukoliko se radi o pristupačnim obalama. Pomoću istih se mogu zahvatiti veće i dublje površine ulja, ali i kontaminirani dijelovi pijeska. Kapacitet prikupljanja bagera je između 400 i 800 m³ otpadnih materijala dnevno. Od te količine, 75% materijala uglavnom čini obični pijesak [13].



Slika 9. Prikaz uklanjanja ulja korištenjem bagera

Izvor: Zhang, B. et. al., Marine Oil Spills – Oil Pollution, Sources and Effects, World Seas: An Environmental Evaluation, 2019.

Ručni oblici prikupljanja

Primjena ljudskog rada u svakoj operaciji prikupljanja ulja i čišćenja teško kontaminiranih obala smatra se prihvatljivim načinom u svim situacijama, ali posebice kod područja koja se smatraju posebno osjetljivima. Ručni rad podrazumijeva primjenu većih razina selektivnosti te tijekom rukovanja opremom na osjetljivim područjima može

se očekivati veća razina očuvanja okoliša i efikasnog prikupljanja ulja. Na ovakav način ulje se prikuplja pomoću grablji ili lopata koje na sebi imaju rupe, kako bi se od ulja mogla odvojiti i voda te se isto skladištiti unutar odgovarajućih spremnika. Ukoliko se ulje pomiješalo i s pijeskom, isto se odmah pakira u plastične vreće zapremnine 10 – 15 kg. Vreće se potom udaljavaju od obale i sunca, kako ne bi došlo do njihova raspadanja [13].



Slika 10. Prikaz uklanjanja ulja korištenjem grablji

Izvor: Zhang, B. et. al., Marine Oil Spills – Oil Pollution, Sources and Effects, World Seas: An Environmental Evaluation, 2019.

Ispiranje

Ispiranje predstavlja jednu od metoda prilikom čijeg izvođenja se koristi niskotlačna voda kako bi se uklonio talog ili ukopano ulje s obalnog područja. Uglavnom se radi o slučajevima u kojima se ulje uklanja s područja sedimenta ili s područja osjetljive obale. Pritom, morsku vodu je potrebno usisavati uz pomoć prijenosnih pumpi koje se umeću u zemlju te postupkom agitacije ulje navire na površine. Kod nekih područja gdje se bilježi mirno vrijeme moguće je primijeniti i metodu naplavlivanja. Ulje se podiže s obale te se potom pristupa njegovom prikupljanju s površina. „Surf“ oblici pranja koriste se prirodnim procesima čišćenja, a moguće ih je primijeniti na pješčanim oblicima obala. Energije valova razbijaju ulja na obalnom području te ga se pritom disperzira kroz vodene razine. Pranje uz pomoć visokog pritiska može se koristiti ukoliko su onečišćene tvrde površine ili ukoliko se utvrdi kako su prirodni oblici ispiranja neučinkoviti. Moguće je primjenjivati i toplu i hladnu vodu, ovisno o vrsti opreme. Važno je istaknuti i kako su visokotlačni oblici pranja vrlo agresivni i mogu dovesti do oštećenja kamenih površina te živih organizama koji obitavaju na istima [13].



Slika 11. Prikaz korištenja visokotlačnog sustava u pranju uljne površine

Izvor: Zhang, B. et. al., Marine Oil Spills – Oil Pollution, Sources and Effects, World Seas: An Environmental Evaluation, 2019.

3. MOGUĆNOSTI I METODE UKLANJANJA ULJNOG ONEČIŠĆENJA

Oblike izlivanja ulja moguće je razlikovati prema stupnjevima ozbiljnosti, ali i opsezima štete koju mogu uzrokovati. Isto je ovisno o vrstama ulja, mjestima izlivanja te vremenskim uvjetima po kojima se isto dogodilo. Osim toga, širenja uljnog onečišćenja, kao i njegovo daljnje ponašanje uvelike ovisi i o postojanju fizičkih i bioloških procesa. Nakon izlivanja, svaka uljna mrlja ima tendenciju širiti se po morskim površinama te započeti svoje prirodne procese koji uključuju isparavanje, emulzifikaciju te disperziju. Vrijeme u kojemu će se dogoditi isparavanje ovisno je o temperaturi, ali i drugim uvjetima na morskoj površini. Ukoliko je došlo do izlivanja lakših produkata vremenski period potreban za isparavanje s površine je oko 2 dana, dok se kod srednje težih taj period produžuje i do 5 dana, a kod teških može iznositi i 10 dana. Iako teški oblici naftnih produkata vrlo sporo isparavaju, s vremenom će ipak ispariti s površina mora. Pritom, važno je istaknuti kako je potrebno određeno vrijeme da naftni produkti nestanu s morske površine, no tijekom tog procesa, može se dogoditi značajna ekološka šteta koja pogađa morski okoliš, stoga je nužno primijeniti i određene metode koje podrazumijevaju uklanjanje kako bi se minimalizirale prijetnje koje se mogu predstavljati morskim ekosustavima. Korištenje odgovarajućih metoda u ovisnosti je od slučaja do slučaja izlivanja. Nužno je poznavati karakteristike onečišćenja mora uljima te moguće tehnologije za uklanjanje istih, ali i poduzeti sve pravovremene mjere i reakcije kako bi se potencijalni negativni učinci sveli na minimum [5].

Nakon što dođe do izlivanja ulja, procesi koji uključuju kontrolu i sanaciju moraju biti provedeni unutar što kraćih rokova te sukladni s klimom i geografskim obilježjima prostora, ali i karakteristikama samog onečišćenja i drugim čimbenicima od utjecaja. Temeljem analize podataka koji uključuju onečišćenje potrebno je organizirati i adekvatnu opremu i stručnjake koji će rukovoditi sanaciju izljeva. Prvi korak pritom je lokalizacija izljeva, a potom, sukladno podacima o vremenskim prilikama i obilježjima područja, identificirati smjerove kretanja uljnog onečišćenja. Tehnologije koje se primjenjuju određene su velikim brojem čimbenika, u koje se uključuje i geografska pozicija, klimatski uvjeti, dostupna oprema, stručnost osoblja, financijske mogućnosti i slično. Važno je istaknuti kako se uljno onečišćenje uklanja kroz nekoliko osnovnih faza.

U prvoj fazi potrebno je otkloniti sam izvor onečišćenja, a potom spriječiti njegovo daljnje širenje te proces sanacije zahvaćenog dijela morske ili obalne površine. U slučaju kada je šteta od izljeva ulja na morskoj površini došla do obalnog područja istu je također potrebno sanirati. U konačnici, svi oblici prikupljenog otpada koji proizlaze iz procesa sanacije moraju se na kraju operacije čišćenja adekvatno i zbrinuti [6].

3.1. PRIMJENA MEHANIČKIH METODA

Mehaničke metode uklanjanja uljnog onečišćenja smatraju se primarnom linijom obrane, nakon što se uljno onečišćenje pojavi. Korištenjem mehaničkih metoda može se ostvariti funkcionalna razina učinkovitosti između 10 i 30%, a u nekim slučajevima taj udio može rasti i od 50 do 70% [7].

Na samom početku, mehanička metoda uključuje ručno odstranjivanje ulja što se ujedno smatra i najjednostavnijom tehnikom koja je nužna za primjenu u gotovo svim akcijama sanacije uljnih onečišćenja te uključuje i prisustvo velikog broja ljudi te prilične radne napore. Pritom, od opreme je moguće koristiti kante, lopate i slična sredstva, ukoliko je riječ o manjim izljevima na području luka, rijeka te na obalnim područjima uz naseljena mjesta. Osim toga, ovoj skupini pripadaju i sredstva odnosno uređaji pomoću kojih se uklanja uljno onečišćenje s morskih površina, a koji su poznatiji pod nazivom skimeri. Skimer je uređaj pomoću kojega je moguće ukloniti ulje s vodenih površina bez da pritom dolazi do promjena u fizičkim i kemijskim svojstvima samog uljan, a moguće ih je podijeliti u pet osnovnih skupina: uređaju u tipu kolijevke, uređaji za usisavanje, uređaji s centrifugom, uređaju za uronjavanje te uređaji za apsorpciju ulja. Ovi oblici uređaja nisu dovoljno djelotvorni kada je u pitanju onečišćenje na otvorenom dijelu mora, posebice ukoliko vremenski uvjeti pokazuju pojačan vjetar i valove, odnosno situacije u kojima mehanička svojstva moraju biti adekvatna prilikom brze kontrole velike površine zahvaćene uljnim onečišćenjem [4].



Slika 12. Prikaz skimera

Izvor: Greenpeace, 2022.

Organizacija operacije čišćenja uljnog onečišćenja nužno se mora pripremiti na način da sredstva odnosno sakupljači prikupe što veće količine ulja u što manje prolaza, posebno iz razloga što se prolascima skimera uljne mrlja šire uz pomoć struja koje nastaju njegovim prolascima, uz dodatno prirodno strujanjem mora. Ukoliko su uljne mrlje široke, potrebno je kretati se u suprotnom smjeru od njezina kretanja i značajno sporije, kako bi se izbjegla mogućnost miješanja propelerom. Kako bi se mogli odabrati uređaji koji su najprimjereniji za korištenje u određenim situacijama, ovisno o mjestima rada odnosno otvorenom moru ili priobalnim zonama, nužno je identificirati sve radne uvjete, principe rada uređaja koji su raspoloživi, te osnovna obilježja uljnog onečišćenja odnosno njegovu gustoću, viskoznost, razine zapaljivosti ulja, prisutnost čvrstih tvari unutar ulja, topografije obalnog područja i slično. Osim navedenog, nužno je istaknuti i kako je postojanje prljavštine i otpadaka unutar ulja ili morske vode, kao što je morska trava, granje i drugi otpad, jedan od osnovnih problema prilikom rada, prvenstveno iz razloga što može uzrokovati začepljenje pumpe te usisavanje zraka što dovodi i do smanjenja kapaciteta kod određenih uređaja [13].

3.2. PRIMJENA FIZIKALNO MEHANIČKIH METODA

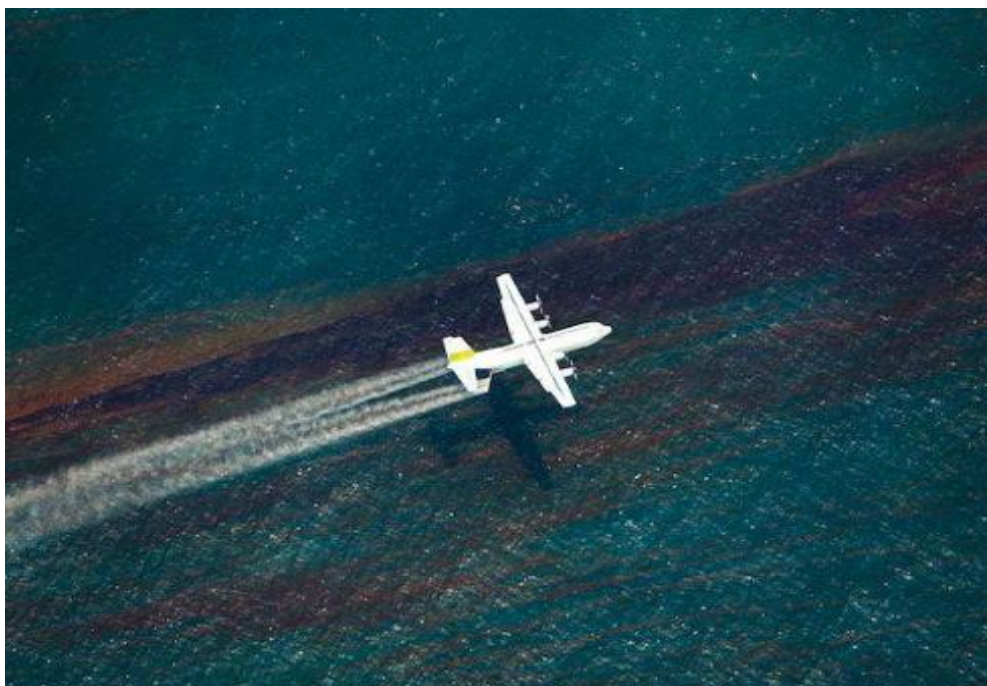
Primjenom fizikalno mehaničkih metoda moguće je koristiti različita sredstva koja sprječavaju širenje uljnih mrlja, a da se pritom ne mijenja uljna konstitucija. Ove je metode moguće podijeliti u četiri osnovne skupine koje uključuju:

- Agense za potapanje odnosno teške materijale koji imaju oleofilna svojstva koja se potom miješaju s uljem na površinama te kasnije tonu i povlače ulje za sobom. Korištenje ovih materijala u priobalnim područjima smatra se neprihvatljivim zbog manjka ispitivanja povezanih razina toksičnosti u potopljenom ulju.
- Agense za želiranje koji utječu na skrutnjivanje uljnog onečišćenja želatinastim masama unutar tankova tankera, posebno ukoliko dođe do oštećenja ili nemogućnosti uklanjanja ulja pomoću prepumpavanja. Ova metoda uključuje miješanje određenih agenasa te duže periode potrebne za skrutnjivanje želatine.
- Agense za koncentriranje koji su karakterizirani međusobnim odnosima površinske napetosti ulje – voda, voda – zrak i ulje – zrak kako bi bilo moguće izazvati kontrakciju u uljnoj mrlji. Ove oblike agensa moguće je koristiti kao predradnju u eliminaciji uljnog filma te ih je moguće nanositi prskanjem iz čamaca ili zrakoplova.
- Agense za apsorpciju i adsorpciju koji uključuju primjenu materijala koji na uklanjanje uljnog onečišćenja djeluju apsorpcijom odnosno izliveno ulje se upija uz pomoć drugih tvari, ili adsorpcijom odnosno ulje se veže ili lijepi na površinu drugih tvari. Adsorbensi se smatraju jednim od najvažnijih sredstava pomoću kojih se ostvaruju najučinkovitiji rezultati tijekom sigurnih i bezopasnih primjena. Međutim, isti mogu uzrokovati i probleme koji se povezuju s primjenom uređaja odnosno njihovim začepljenjem masom tijekom rada [13].

3.3. PRIMJENA KEMIJSKIH METODA

Kemijske metode podrazumijevaju primjenu određenih kemijskih agensa koji se mogu nanositi na površinu ulja kako bi se isto uklonilo s morske površine te spriječio njegov dolazak do obalnih područja. Korištenje kemikalija i kemijskih sredstava uglavnom se ne preporučuje i u značajnom broju slučajeva je i zabranjeno, odnosno njihova je primjena ograničena isključivo na hitne situacije u kojima druge metode ili postupci neće imati nekog učinka. Korištenje disperzanata i emulgatora neke su od metoda čije se aktivne tvari primjenjuju na površinu ulja te ga na takav način disperziraju i emulgiraju unutar vode koja se nalazi ispod uljne mrlje. Disperzanti se pritom, mogu podijeliti u tri kategorije:

- Produkti prve generacije – uključuju bogate aromatske spojeve i jake toksične površinske aktivne tvari (uglavnom su zabranjeni zbog razina toksičnosti)
- Produkti druge generacije – uključuju nearomatska otapala i neionsku površinsku aktivnu tvar (u optimalnoj primjeni ima smanjenu toksičnost)
- Produkti treće generacije – uključuju između 50 i 80% površinskih aktivnih tvari koje se uglavnom otapaju u vodi [14]



Slika 13. Prikaz raspršivanja disperzanata

Izvor: Greenpeace, 2022.

U osnovne probleme rada s disperzantima moguće je uključiti dvije glavne karakteristike istih:

- Toksičnost – proizvodnja ovih tvari fokusirana je na one koji se unutar prirodnog okoliša mogu biološki razgraditi, gotovo u potpunosti odnosno i do 85%
- Ostvarenje potrebnih omjera miješanja disperzanata i ulja – primjena sustava unutar kojih se disperzanti raspršuju i na takav način dospijevaju na uljne površine i to primjenom tolike razine snage koja sprječava kapljice da probiju slojeve ulja. Ukoliko dođe do probijanja ujedno se smanjuje razina njihova djelovanja, prvenstveno iz razloga što emulzije disperzanata u vodi ostvaruju manju učinkovitost od disperzije ulja koje se nazali na površini [13].

U prednosti korištenja disperzanata moguće je uključiti:

- Primjena sredstava u svim uvjetima neovisno o razini vjetra, morskim strujama ili valovima,
- Efikasnost u saniranju uljnog onečišćenja,
- Povećanje razine biološke razgradnje ulja,
- Sprječavanje procesa foto – oksidacije ulja u otrovne perokside i kiselinu,
- Smanjenje mogućnosti nastanka požara,
- Smanjenje mogućnosti stvaranja viskozne emulzije,
- Smanjenje mogućnosti onečišćenja obalnog područja.

Nedostaci korištenja disperzanata uključuju:

- Nepovoljno djelovanje na ribe,
- Nepovoljno djelovanje na školjkaše i njima slične organizme,
- Nepovoljan utjecaj na pješčane tipove obale (mogućnosti prodiranja uljnog onečišćenja u pijesak),
- Negativan utjecaj na biocenu plitkog akvatorija,
- Procesi raspršivanja mogu utjecati na podizanje sedimenta.

3.4. PRIMJENA MIKROBIOLOŠKIH METODA

Osnovni cilj primjene ove metode je čišćenje vodenih površina od naftnog i onečišćenja naftnim derivatima, a uključuje mogućnosti biološke razgradnje ugljikovodičnih spojeva, koja se uglavnom primjenjuje na priobalnom području, uz pomoć bakterija koje mogu oksidirati jednu ili nekoliko različitih vrsta ugljikovodičnih spojeva. Na neonečišćenim zonama, kao što je primjerice otvoreno more koncentracija bakterija se kreće od oko 1:100 do 1:10000, što podrazumijeva činjenicu da takvi prostori sadrže značajan broj bakterija te je time i mogućnost biološke razgradnje daleko manja. Osim manjka mikroorganizama koji je uzrokovan toksičnim sastojcima ulja, temperaturom ispod optimalne te nedostacima u mineralnim sastojcima, na isti način se može uzrokovati i sporije razgradnja ulja. Ključni pojmovi unutar cjelokupnog procesa predstavljaju stimulirani proces biorazgradnje odnosno proces dodavanja soli dušika i fosfora unutar voda u kojima je proces razgradnje zaustavljen kao posljedica nedostatka hranjivih stvari [14].

4. SREDSTVA I OPREMA ZA UKLANJANJE ULJNOG ONEČIŠĆENJA

Prisutnost mora i morskog okoliša smatra se vrlo značajnim kada je u pitanju dobrobit i blagostanje sadašnjih, ali i budućih naraštaja. Stoga je nužno da se poduzimaju sve moguće aktivnosti i koriste sredstva njegove zaštite, posebice u pogledu morskih ekosustava, a sve to sa svrhom uspostavljanja ravnoteže u moru, ali i na obalnim područjima [14].

4.1. PRIMJENA UPIJAČA

Uljni upijači ili sorbenti predstavljaju neke od oleofilnih materijala čija je osnovna karakteristika da upijaju ulje, a da pritom odbijaju vodu. Upijače je moguće kategorizirati u tri osnovne skupine koje uključuju:

- Organske upijače (uključuju otpadne poljoprivredne proizvode)
- Mineralne upijače (uključuju vermikulit, zeolite, aktivne ugljene te organo – glinu)
- Sintetičke upijače (uključuju polipropilene i poliuretane)

Ove kategorije upijača moguće je međusobno razlikovati prema mogućnostima njihova recikliranja, razinama vlažnosti, gustoći, geometrijskim obilježjima te sposobnostima apsorpcije [15].



Slika 14. Prikaz korištenje upijača

Izvor: Greenpeace, 2022.

U prirodne organske upijače moguće je uključiti tresetne oblike mahovine, slamu i sijeno, piljevinu, mljeveni kukuruzni klip, perje te druge proizvode čiji je osnovni sastavni dio ugljik. Karakteristika organskih upijača je činjenica da mogu apsorbirati između 3 i 15 puta više težine u uljima. Međutim, neki od organskih upijača imaju i svoje nedostatke koji uključuju tendenciju apsorpcije vode, u jednakoj mjeri kao i ulja, što kasnije uzrokuje potapanje upijača. Značajan broj organskih upijača predstavljaju i labave čestice, kao što je primjerice piljevina i jednom nakon što su razlivena po vodenim površinama vrlo ih je teško ponovno prikupiti. Ovi oblici problema mogu se ublažiti korištenjem dodatnih uređaja koji plutaju, primjerice praznih bubnjeva koji se pričvršćuju za bale sijena koje se održale na površini te omotavanje rastresitih čestica unutar mreža u svrhu lakšeg prikupljanja [7].

U prirodne anorganske upijače moguće je ubrojiti materijale kao što je glina, perlit, vermikulit, staklena vuna, pijesak te vulkanski pepeo. Osnovna karakteristika istih je apsorpcija između 4 i 20 puta veće težine u uljima. Također, kao što je to slučaj s organskim upijačima, ovi su upijači vrlo jeftini i lako dostupni u gotovo neograničenim količinama [8].

Sintetički oblici upijača podrazumijevaju korištenje umjetnih materijala koji vrlo sličje plastici, kao što je primjerice poliuretan, polietilen i polipropilen, a koji su posebno dizajnirani za adsorpciju tekućina na površine, poput spužvi. U ostale sintetičke upijače moguće je uključiti umrežene oblike polimera i gumenih materijala, a koji imaju sposobnost upijanja tekućina unutar svojih čvrstih struktura te na takav način uzrokuju bubrenja u upijajućem materijalu. Značajan broj sintetičkih upijača može upiti i do 70 puta veću težinu od vlastite kada se ispuste u ulje [8].

Ograničenja upijača svode se uglavnom na činjenicu da njihovo korištenje može biti naporno i dugotrajno. Povećanje gustoće ulja i emulzije utjecati će da se s vremenom smanji razlika u uzgonu između prolivenih tvari i morske vode, što će rezultirati kasnijim smanjenjima u uzgonu upijača. Nadalje, promjene u razinama viskoznosti emulzije, koje se pojavljuju kao posljedice isparavanja ulja i emulgacije utječu na ometanje učinkovitosti upijača [6].

4.2. PRIMJENA SREDSTAVA ZA SKRUTNJIVANJE MASE

Sredstva za skrutnjivanje mase podrazumijevaju primjenu tvari koje učvršćuju masu onečišćivača kako bi se na što jednostavniji način uklonilo uljno onečišćenje. Korištenje ovih rješenja zaštite, unatoč njihovim pozitivnim utjecajima, pokazala su se kao financijski neučinkovita. Pritom, proces skrutnjavanja može se odvijati uz pomoć korištenja dvaju čistih reagensa od kojih se u najpoznatije ubraja Rigid oil, čiji sastav čine polimeri i sredstvo za učvršćivanje. Tijekom njegove primjene potrebno je nanijeti propisane količine u omjeru s količinama onečišćenja, posebno iz razloga što u suprotnom onečišćivači postaju ljepljivi i mekani te se na takav način onesposobljava daljnja obrada. Navedeni problemi podrazumijevaju korištenje ovih oblika sredstava na manjim izljevima te kod manje viskoznih onečišćenja [15].



Slika 15. Prikaz primjene sredstava za skrutnjavanje mase

Izvor: Greenpeace, 2022.

4.3. PRIMJENA OMEKŠIVAČA I ODMAŠĆIVAČA

Ireverzibilna emulzija nastaje prilikom miješanja ulja s vodom te isparavanja lakih frakcija mogu imati štetan utjecaj na razinu viskoznosti ulja stoga se korištenjem omekšivača osigurava proces razdvajanja ulja od vode, što rezultira smanjenjem u količinama onečišćivača. Primjena omekšivača, odnosno mješavina za otapanje djeluje unutar međuprostora uljnih i vodenih kapljica. Pritom, smatra se kako su prikladni kod čišćenja plaža ili obalnog područja te prilikom operacija koje uključuju prikupljanje pjene s morskih površina i tijekom prelijevanja onečišćivača između spremnika [15].



Slika 16. Prikaz korištenja omekšivača

Izvor: Greenpeace, 2022.

4.4. PRIMJENA BRANA

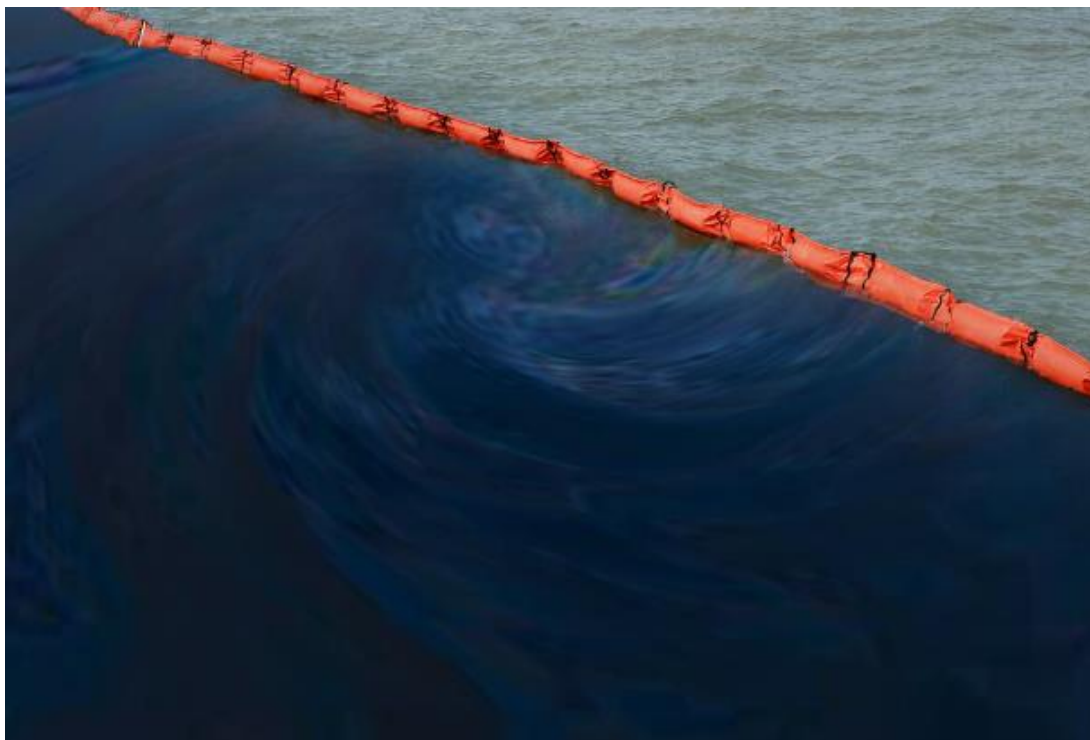
Brane se smatraju privremenim plutajućim barijerama koje se primjenjuju kako bi se osiguralo zadržavanje uljnog onečišćenja na morskoj površini. Ovaj oblik opreme za sprječavanje onečišćenja smatra se prethodnikom kontrole izlivanja. Važno je napomenuti kako se plutajuće brane mogu postaviti na morsku površinu sa svrhom:

- Zadržavanja uljnog onečišćenja – koriste se brane za zadržavanje i koncentriranje ulja dok se isto ne ukloni,
- Otklanjanja uljnog onečišćenja – uključuje mogućnosti pomicanja ulja dalje od osjetljivih područja,
- Preusmjerenje uljnog onečišćenja – ovim postupkom se uljno onečišćenje kreće prema lokacijama za oporabu sa sporijim protocima te boljim pristupom
- Izuzimanje uljnog onečišćenja – brana se postavlja sa svrhom zaštite osjetljivog područja od prodiranja uljnog onečišćenja [8].

Brane je uglavnom moguće razlikovati prema dizajnu, ali uobičajeno je da su im zajedničke karakteristike:

- Brane iznad površina mora koje za svrhu imaju zadržavanje cilja te preveniranje zapljuskivanja valova po površini uljnih mrlja,
- Plutajuće uređaje,
- Suknje koje se postavljaju ispod površine mora čija je svrha zadržavanje ulja i minimalizacija gubitka ulja ispod brana,
- Uzdužne podrške, kao što su primjerice lanci ili kabeli koji služe prilikom ojačavanja brana tijekom djelovanja valova ili vjetra.

Plutajuće je brane moguće izraditi od plastike, uglavnom od morskog PVC-a ili uretana s oblikovanim polietilenskim školjkama, ali i od različitih vrsta metala za slučajeve sagorijevanja na licu mjesta te upijajućih i drugih materijala koji nužno sadržavaju cilindrične plovke na vrhu te ponderirane suknje ispod površine mora, a čija je svrha usporavanje, hvatanje ili zadržavanje širenja uljnog onečišćenja. Brane mogu biti i različitih oblika i veličina, od kojih se značajan broj dodatno prilagođava posebnim vrstama uvjeta na moru. Uglavnom se postavljaju uz pomoć sustava vezivanja, kao što je primjerice korištenje sidra [7].



Slika 17. Prikaz plutajuće brane

Izvor: Zhang, B. et. al., Marine Oil Spills – Oil Pollution, Sources and Effects, World Seas: An Environmental Evaluation, 2019.

Brane je moguće kategorizirati i kao:

- Brzorazvijajuće – oblici brana koji dolaze u dijelovima koji su karakterizirani glatkom površinom. Izrađuju se od teških guma koje se u pomorstvu primjenjuju već dulje do dva desetljeća. Moguće ih je proizvoditi u različitim veličinama odnosno prema duljini sekcije. Primjerice, brana u duljini od 200 metara zahvaljujući vlastitim konstrukcijskim karakteristikama može se razviti za oko 20 minuta. Osnovna karakteristika ove brane je i izvrsnost u praćenju mora i morske površine.
- Rasute – oblici brana koji se također izrađuju primjenom teških guma te imaju glatke površine, a koje se sastoje od odvojenih plutajućih komora punjenih zrakom. Karakteristike ove brane su i jednostavnost i brzina postavljanja te osiguranje visokog stupnja zadržavanja uljnih onečišćenja.

- Dvostruke - oblici brana koji se mogu izrađivati kao jednodijelne i bez komora, što utječe na postizanje značajnog broja prednosti pred drugima, a prvenstveno brzu i laganu pripremu polaganja. Postojanje dvaju usporednih uzdužnih dijelova koji se polažu omogućuje poboljšanje u zaustavljanju širenja uljnog onečišćenja.
- Preventivne – oblici brana koji se sastoje od značajnog broja robusnih sekcija koje su karakterizirane velikim razmacima između svake od njih. Izrađuju se od visoko kvalitetnih oblika poliuretana koji su specifični po razinama otpornosti na probijanja i trenja, različitim veličinama te upotrebi uglavnom u lukama, zaljevima s mirnijim vodama, ali i na otvorenom moru.
- Samostalne čuvarske – oblici brana kod kojih konstrukcija i mogućnosti učvršćivanja za obalno područje osiguravaju dugotrajnost, sigurnost i prevenciju u djelovanju.
- Obalne – oblici brana koji su izrađeni od dvostrukih poliuretana s armaturama od najlonskih tkanja, te u dvjema veličinama. Karakterizirane su trajnošću i elastičnošću, kao i razinom otpornosti na trenje i nepažljivost u rukovanju. Primjenjuju se uglavnom prilikom zaštite obalnog područja i plaža te unutar plitkih i priobalnih područja. Osim toga, moguće ih je postavljati i duž obalne crte. Tijekom plime moguće je primjenom ovih brana zaštititi približavanja onečišćenja, dok u plitkim vodama služi kao jedno od privremenih sredstava
- Male – oblici brana koji se koriste na području na kojemu postoji kontinuirana opasnost od uljnog onečišćenja. S obzirom na činjenici da se postavljaju u zahtjevnim područjima izražene su od teških materijala te ih karakterizira i do 4 puta veća vučna čvrstoća te bolje uranjanje. Osim toga, posjeduju značajne razine otpornosti na ubode, rezove i nestručnost prilikom rukovanja [15].

4.5. PRIMJENA SAKUPLJAČA ULJA

Sakupljači ulja predstavljaju čamce i druge uređaje čija je osnovna svrha uklanjanje uljnog onečišćenja s morske površine. Svaki oblici sakupljača ulja imaju vlastite karakteristike zajedno s ograničenjima tijekom postupanja s onečišćenjem, a tiču se razina

viskoznosti, stanja mora te prisustva drugih oblika onečišćenja. Uobičajena praksa podrazumijeva da se koriste u kombinaciji s branama. U takvim slučajevima moguće je uz pomoć dvaju čamaca vući branu kako bi se prikupilo i koncentriralo što više uljnog onečišćenja, sa svrhom njegove što jednostavnije i brže uporabe. Pritom, vremenski uvjeti, kao što je postojanje visokih valova mogu utjecati na ugrožavanje zadržavanja brane, ali i sakupljača te onemogućiti im ostajanje u kontaktu s uljnim onečišćenjem površine mora [16].



Slika 18. Prikaz sakupljača ulja

Izvor: Zhang, B. et. al., Marine Oil Spills – Oil Pollution, Sources and Effects, World Seas: An Environmental Evaluation, 2019.

Uobičajena upotreba podrazumijeva tri osnovna sakupljača uljnog onečišćenja:

- Weir sakupljači – primjena ovih oblika sakupljača ograničena je zbog mogućnosti zaglavlivanja ili začepjenja zbog plutajućih krhotina
- Oleofilni sakupljači – posjeduju pojaseve ili neprekinute lance sačinjene od oleofilnih materijala čija je svrha uklanjanje ulja s vodenih površina, a njihova

učinkovitost nije smanjena ni u slučajevima postojanje krhotina ili leda na morskoj površini

- Usisni sakupljači – imaju djelovanje vrlo slično usisavačima i osnovna karakteristika im je sklonost začepljenjima [16].

Oblici sakupljača kao što su wier sakupljači mogu postići značajne razine učinkovitosti kod onečišćenja uljima visokih razina viskoznosti, kao što je primjerice razrijeđeni bitumen, dok se oblici sakupljača koji podrazumijevaju premaze koji na sebe privlače ulje smatraju prikladnijima kod konvencionalnih izlivanja sirove nafte [8].

5. ODRŽAVANJE I SKLADIŠTENJE OPREME ZA UKLANJANJE ULJNOG ONEČIŠĆENJA

Narušavanje morskog okoliša i ekosustava jedan je od procesa koji se može dogoditi prilikom operacijskih i slučajnih onečišćenja uzrokovanih brodovima. Uzevši u obzir načine skladištenja tereta na brodovima, njegovu manipulaciju prilikom prekrcanja, ako i slučajeve u kojima se dogode morske havarije, dio opasnog tereta može dospjeti i u morski okoliš. U takvim slučajevima uglavnom dolazi do uljnog onečišćenja. Ulje samo po sebi uglavnom predstavlja naftu u bilo kojem njezinom pojavnom obliku, primjerice sirovu naftu, tekuća goriva, taloge, otpatke ulja te rafinirane proizvode izuzev petrokemijskih [17].

Uz pomoć međunarodnih konvencija kao što je MARPOL moguće je dijelom regulirati problematiku ispuštanja zauljene vode, a time i kontrolirati onečišćenje morskog okoliša uljem. Stoga propisi zahtijevaju da većina plovniha objekata ima instaliranu odgovarajuću opremu pomoću koje se separira i kontrolira koncentracija ulja koja se ispušta u morski okoliš [3]

5.1. OPREMA I UREĐAJI NA BRODOVIMA

Sve države koje su potpisale konvenciju MAPROL, moraju se pobrinuti da se osigura određena oprema, postrojenje i odlagališta, kao i sva potrebna oprema za prihvatanje, kontrolu i upravljanje uljnim mješavinama i zauljenim vodama i to na području svih naftnih terminala, luka, brodogradilišta, remontnih zavoda i slično. S druge strane prema zahtjevima koji se tiču brodova, prostorije strojeva se mogu podijeliti na:

- Dio A – Konstrukcija
- Dio B – Oprema

Dio A obuhvaća opremu kao što su :

- Tankovi za ostatke ulja (i taloge)
- Standardne priključnice za ispuštanje

Zahtjevi koje moraju zadovoljavati svi tankova za ostatke ulja:

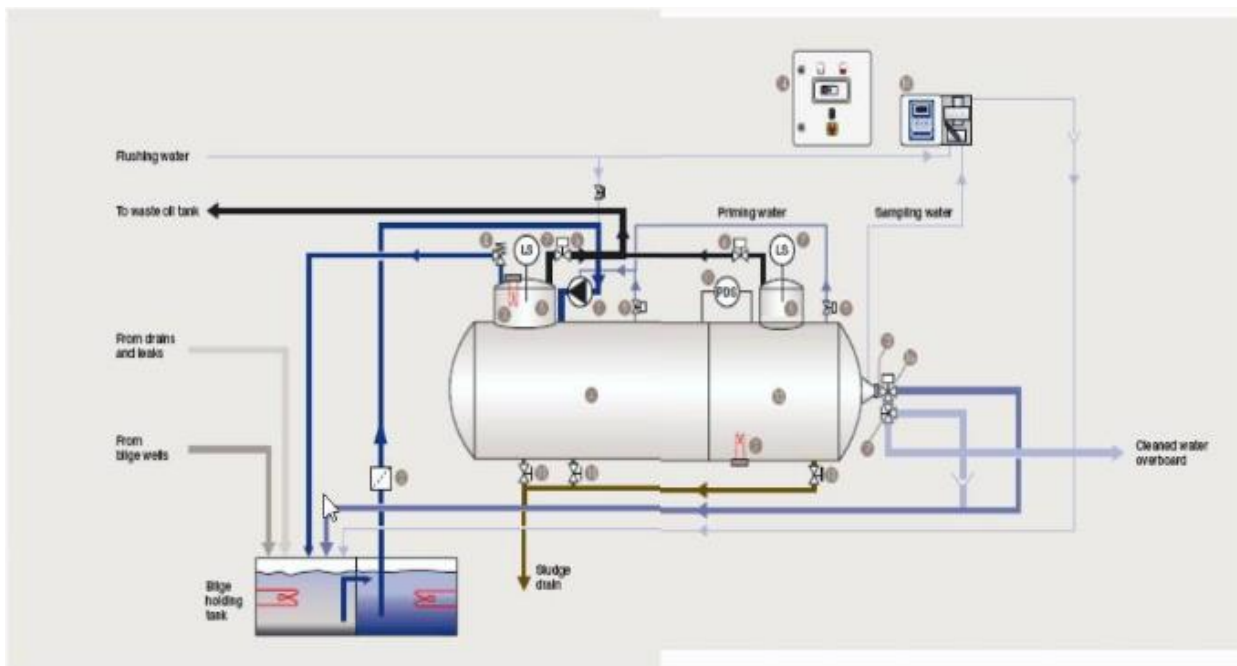
- Svi brodovi bruto tonaže 400 i više moraju raspolagati jednim ili više tankova odgovarajućeg obujma, ovisno o vrstama postrojenja te duljina putovanja koje poduzima, a njihova svrha je prihvati ulja ili taloga s kojima se ne može drugačije postupiti, kao što je primjerice ulje ili talog koji nastaje kao posljedica pročišćavanja tekućih goriva, mazivih ulja ili izljeva ulja unutar prostorija strojeva
- Postojanje cjevovoda od i do tankova koji ne smiju na izravan način biti povezani s kopnom ni na koji način osim korištenjem standardne priključnice [17]

Dio B obuhvaća :

- opremu za filtriranje ulja.

Zahtjevi koje mora zadovoljavati oprema za filtriranje ulja na brodovima:

- opremu za filtriranje ulja moraju imati svi brodovi bruto tonaže 400 i više, ali manji od 10.000 bruto tonaže,
- nužno je osigurati da svaki brod bruto tonaže manje od 400 bude opremljen, u granicama svojih mogućnosti svom opremom za zadržavanje ulja ili njegovih mješavina na brodovima ili za njihovo sigurno ispuštanje
- sva oprema koja podrazumijeva filtraciju ulja mora biti sukladna propisima koji pretpostavljaju ispuštanje u more nakon pročišćavanja u sustavu [18]



Slika 19. Prikaz sustava za odvajanje ulja iz zauljenih voda

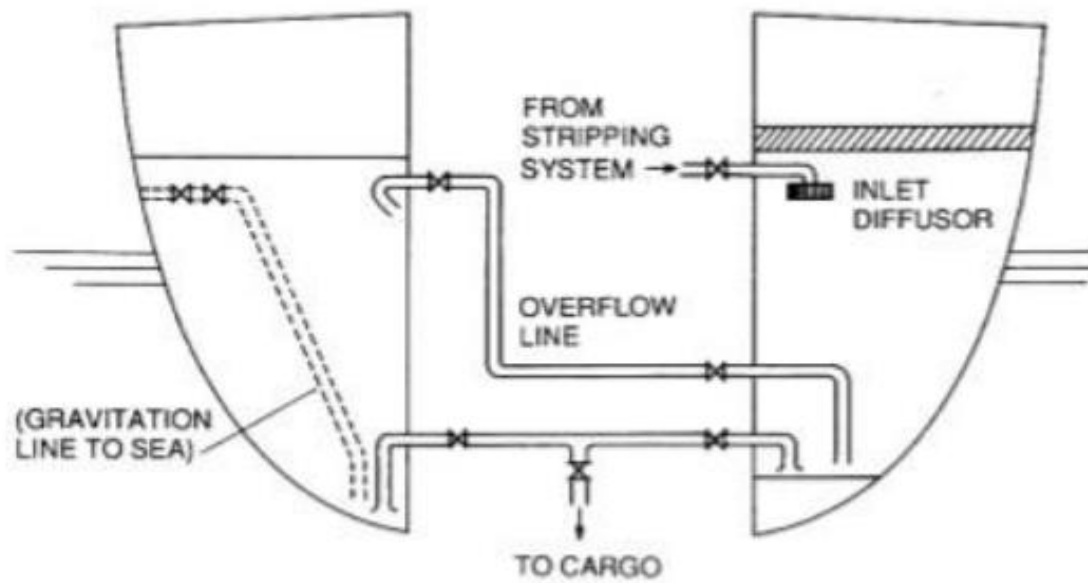
Izvor: Perić, Z. Osnove brodogradnje, Industrijska škola Split, 2014.

Kao najznačajnije oblike tehničke opreme pomoću koje se ostvaruju zadovoljavajuće razine djelatnosti prilikom sprječavanja zagađenja mora uljem i njegovim prerađevinama moguće je uključiti:

- Tankove odvojenog balasta – svi novi tankeri čija je bruto tonaža veća od 20000 zajedno sa svim novim tankerima za prerađevine bruto tonaže 30000 i više, moraju imati tankove odvojenog balasta. Kapaciteti na takvim oblicima tankera moraju biti takvi da brodovi mogu na siguran način ploviti u balastu bez da koriste tankove tereta za vodene balaste. Izuzetak mogu predstavljati plovidbe tijekom osobito nepovoljnih vremenskih uvjeta, kada je u tankove potrebno ukrati dodatne količine vodenog balasta. Tankovi za teret na brodovima moraju biti ugrađeni na položajima koji su minimalno kritični, koji predstavljaju i najpovoljnije oblike zaštite od istjecanja ulja u slučajevima nastupa brodske havarije.
- Dvostruke oplata – dvostruka je oplata sačinjena od dvije oplata koje dijele teret i more, sa svrhom sprječavanja njegova istjecanja u slučaju ako se dogodi proboj vanjske oplata. Prostor između oplata u trenucima kada se nafta ne

prevozi služi za ukrcavanje balastne vode koja omogućuje postizanje dodatnih razina stabilnosti brodu u trenucima kada je prazan.

- Tankove za mješavine ili slop tankove – svi tankeri bruto tonaže 150 i više moraju biti opremljeni uređajima i opremom pomoću kojih se vrši čišćenje tankova za teret te pretaču ostaci nečistog balasta i ostataka pranja tankova tereta u tankove za mješavine ulja s drugim tekućinama. Kod tankera koji prevoze ulje svaki do tankova može biti označen kao tank za mješavine. Uređaji i oprema tankova ili tankova za mješavine moraju podrazumijevati dovoljne i dostatne obujmove kako bi mogli zadržavati sve tekućine i potencijalni kruti otpad unutar istih. Obujmovi, pritom ne smiju biti ispod razina od 3% obujma tankova koji su predviđeni za prijevoz nafte.



Slika 20. Prikaz pravilnog rasporeda slop tanka

Izvor: Perić, Z. Osnove brodogradnje, Industrijska škola Split, 2014.

- Sustave za pranje sirovom nafto (engl. COW - crude oil washing systems) – svi tankeri koji prevoze sirovu naftu nosivosti 20000 tona i više moraju biti opremljeni sredstvima, opremom i uređajima pomoću kojih se tank tereta može prati sirovom naftom. Pritom, podrazumijeva se postojanje

ugrađenog cjevovoda ispitanog na nepropusnost te koji ima neovisnost u odnosu na sve druge cjevovode. Priključenja sustava pomoću kojih se može vršiti proces pranja i ispiranja sirovom naftom sa strojevima za pranje provodi se pomoću savitljivih cijevi. Strojeve za pranje nužno je postaviti trajno unutar svakog tanka, ili ih se učvršćuje na područje palube. Brojevi i prostori strojeva za pranje moraju osiguravati dobro pranje i ispiranje svake vodoravne i okomite površine pomoću izravnih ili odbijenih mlazova sirove nafte. Posebna se pozornost treba posvetiti pranju gornje vodoravne površine, posebno iz razloga što je iste znatno teže za oprati, stoga su vrlo često zanemarene. Strojevi pomoću kojih se vrši pranje moraju biti izrađeni od čelika ili drugih materijala koji prilikom trenja ne izazivaju iskrenje te moraju biti uzemljeni u brodski trup. Ovi oblici strojeva imaju i vlastite pogonske strojeve, a u dobavi sirove nafte mogu se koristiti crpkama ukrcavanje tereta ili druge specijalizirane opreme za ove vrste operacija.

- Sustave za posušivanje – ovi oblici sustava moraju omogućiti potpuno odvođenje sirove nafte iz svakog tanka, zajedno s nataloženim onečišćenjem. Kapacitet istih mora biti 25% veći od zapremnine sirove nafte koja se doprema svim strojevima ta pranje u trenutku kada su istovremeno uključeni.
- Cjevovode za balaste – svaki tanker koji nema ugrađen odvojeni sustav vodenih balasta koji služe balastiranju tanka tereta, mora posjedovati opremu i uređaje koji osiguravaju crpkama za teret, glavnim cjevovodima za teret te cjevovodima koji se koriste za balastiranje da na siguran i djelotvoran način sigurno pražnjenje prije postupka balastiranja. Pritom, tankeri koji se koriste namjenskim tankovima za čisti balast moraju osigurati dovoljne kapacitete tankova [19].

5.2. OSTALA OPREMA ZA UKLANJANJE ULJNOG ONEČIŠĆENJA

Sve potpisnice MARPOL konvencije dužne su, osim brodova, osigurati i dodatne uređaje, postrojenja i adekvatnu opremu kojom se moraju opremiti svi terminali na kojima se vrši ukrcaj ulja, luke u kojima se vrše popravci te druge luke unutar kojih brodovi iskrcavaju ostatke ulja te osigurati obalne uređaje za prihvat svih oblika ostataka i mješavina ulja koji ostaju tankerima i drugim plovilima. Pritom, obalne uređaje za prihvat moguće je podijeliti na:

- Uređaje za prihvat izvan posebnih područja
- Uređaje za prihvat u posebnim područjima [19]

Svaka luka koja se nalazi unutar posebnog područja mora raspolagati adekvatnim uređajima za prihvat ulja i ostalih ostataka, kao i mješavina ulja iz svakog broda. Takvi oblici uređaja moraju imati odgovarajuće obujme kako bi mogli udovoljiti potrebama brodova koji se koriste istima. Pritom, nužno je da se obalna područja koja graniče s određenim posebnim područjima opreme na svim potrebnim terminalima za ukrcaj ulja kao i u lukama za popravak svim potrebnim uređajima pomoću kojih je moguće prihvaćati povrat i obradu svih oblika prljave balastne vode te vode koja proizlazi iz pranja tankova na tankerima za prijevoz ulja [17].

Uređaji za prihvat izvan posebnih područja moraju biti smješteni na području:

- Svake luke ili terminala unutar kojih se ukrcava sirova nafta na tankere za prijevoz ulja, a gdje tankeri prije dolaska dovršavaju putovanja u balastu ili trajanju od najdulje 72 sata ili 1200 nautičkih milja
- Svake luke ili terminala unutar kojega se krca ulje koje ne predstavlja sirovu naftu, unutar trupa u prosječnim količinama većina od 1000 tona na dnevnoj bazi
- Svake luke ili terminala koji prima brodove s tankom koji uključuju uljne taloge
- Svake luke unutar koje se ne može ispuštati zauljena kaljužna voda i drugi ostaci
- Svake luke u kojoj se ukrcava rasuti teret s obzirom na postojanje ostataka ulja s brodova za više namjena koji se ne mogu ispuštati [19]

Posebne zahtjeve moguće je primijeniti kod fiksnih i plutajućih platformi, te platformi za bušenje, plutajućih sredstava za proizvodnju, skladištenje i iskrnavanje kod kojih je potrebno osigurati dodatne fiksne ili plutajuće platforme prihvata. Pritom, iste se koriste kod odobalne proizvodnje i skladištenja ulja te kao plutajuće odobalne skladišne jedinice za skladištenje proizvedenih količina ulja [17].u trenucima kada provode istraživanja, iskorištavanja te povezane postupke koji uključuju mineralne izvore na morskom dnu, fiksne i plutajuće platforme moraju zadovoljavati jednake zahtjeve kao što je to slučaj s brodovima bruto tonaže 400 i više, a koji se ne smatraju tankerima za ulje. Osim takvih zahtjeva, nužno moraju biti opremljene, u granicama mogućnosti, i tankovima za ostatke ulja te opremom i uređajima koji se koriste u filtraciji ulja, a također su obveznici i vođenja bilješki koje se tiču svih radnji povezanih s ispuštanjem ulja ili mješavina ulja [18].

Osim navedenog vrlo je bitno istaknuti i razvoj INTERSUZAM sustava (INTERventni SUstav ZAštite Mora = INTERSUZAM). Naime u suvremenom je svijetu sve više manjih onečišćenja u morskom okolišu, a koje je uzrokovano nenamjernim ispuštanjem ugljikovodika u isti. Prema tome, pojavila se i potreba za saniranjem manjih onečišćenja koje se povjerava lokalnim djelatnicima. Osnovni problem koji se pojavljuje prilikom nastanka onečišćenja je nedostatak sredstava za provođenje sanacija na određenim lokacijama ili njihov potpuni izostanak, ali i hitnost koja zahtjeva trenutno nabavljanje sredstava za sanaciju (što iziskuje i vrijeme i dodatne neplanirane troškove. U osnovne ciljeve uvođenja INTERSUZAM ubraja se:

- Početak sanacije onečišćenja u roku od jednog sata od njegova nastanka na području bilo koje luke koja podrazumijeva primjenu ovog sustava
- Osiguranje dovoljne količine sredstava i opreme koje su potrebne prilikom sanacije onečišćenja
- Edukacija djelatnika
- Minimalizacija troškova

Pritom, ovaj sustav se u prostor implementira na način da se u lukama lokalnog, županijskog i državnog značaja uspostavljaju ekološka spremišta zajedno s potrebnom opremom i potrošnim sredstvima, a koja se po potrebi nadopunjuju i kontroliraju. Iz navedenog proizlazi i osnovna prednost INTERSUZAM sustava, a to je osiguranje

dovoljnih količina opreme i ekoloških sredstava i provedena edukacija djelatnika za početak rada na sprječavanju širenja onečišćenja morskog okoliša [20].



Slika 21. INTERSUZAM ekološko spremište

Izvor: Dezinsekcija d.o.o. Rijeka, 2023.

6. ZAKLJUČAK

Ljudsko djelovanje na okoliš ima svakojake učinke. Kroz povijest se moglo svjedočiti i značajnom napretku, ali i ostavljanju negativnih posljedica na okoliš. U negativne posljedice svakako je moguće uključiti sve oblike onečišćenja, pa tako i ono koje se povezuje s morskim okolišem odnosno obalom i morem u cijelosti.

U ovom slučaju prvenstveno je riječ o ispuštanju ulja u prirodna staništa biljaka, životinja, ali i ljudi te posljedicama koje mogu biti pogubne i dugoročne za sve oblike života. Naime, nije ispuštanje ulja u okoliš isključivo posljedica havarija, nesreća ili nepovoljnih događaja, već se isto može dogoditi i tijekom svakodnevnog rukovanja brodovima ili pak aktivnostima koje se odvijaju na naftnim platformama.

S obzirom na ranije spomenute posljedice, nužno je poduzeti sve preventivne mjere, kao što je korištenje opreme i uređaja na brodovima te na kopnu pomoću kojih se zbrinjava uljni materijal koji pritom ne dopijeva u okoliš, no u slučajevima kada se to ipak dogodi, i to u prekomjernim količinama, nužno je poduzeti odgovarajuće mjere.

Prvenstveno, od ključne je važnosti poznavanje metoda i mogućnosti pomoću kojih se utječe na sprječavanje pogubnih posljedica i to jednom kada je onečišćenja već nastalo te primjena sve dostupne opreme i sredstava pomoću kojih se isto može suzbiti, sa svrhom minimalizacije dugoročnih negativnih učinaka. Primjena suvremenih alata, uređaja, opreme i metoda privilegija je suvremenog svijeta i ljudskog djelovanja koja u svakom slučaju može poslužiti kao alat za zaštitu ostatka svijeta od ljudske nepažnje, nemara ili namjernih aktivnosti koje mogu rezultirati značajnim negativnim posljedicama za okoliš i ljudsko zdravlje.

LITERATURA

1. IMO, International Convention for the Prevention of Pollution from Ship, 2019.
Dostupno na: <http://www.imo.org>
2. Dobrinić, J. Onečišćenje mora uljima i elementima u tragovima, Pomorski zbornik, 2000;38:333-348
3. IMO, MARPOL – Consolidated edition, IMO publication 2011.
4. Dorčić, I. Osnove čišćenja uljnih zagađenja, zagreb: SKTH/Kemija u industriji, 1987.
5. Boufadel, M. et al., The Behaviour and Environmental Impacts of Crude Oil Released into Aqueous Environments, The Royal Society of Canada, The Academies of Arts, Humanities and Sciences of Canada, Ottawa, 2015.
6. Vrančić, T. Zagađivanje mora naftom i naftnim derivatima, Građevinar, 2010:63: 755-762
7. Zhang, B. et. al. Marine Oil Spills – Oil Pollution, Sources and Effects, World Seas: An Environmental Evaluation, 2019.,
8. Mechanical Containment and Recovery, 2023., Dostupno na: <https://web.archive.org/web/20100507135220/>
9. Jelić Mrčelić G., Zaštita mora i morskog okoliša, Split: Pomorski fakultet, 2007.
10. Fingas M, The Basics of Oil Spill Cleanup, Second Edition, Routhledge, 2013.
11. Jelić Mrčelić G., Tehnologija uklanjanja onečišćenja: Onečišćenje s brodova - tekući tereti - uja, Split: Pomorski fakultet u Splitu, 2013.
12. Bićanić, Z. Zaštita mora i morskog okoliša, Split 2003.
13. Ivshina, I.B, Environmental Science: Processes & Impacts", Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms, 2015.
14. Macaulay BM, Rees D, Annals of Environmental Science, 2014;8:9-37
15. ITOPF, Sampling and monitoring of marine oil spills, UK, 2012.
16. Ivshina, I.B., et al. Oil spill problems and sustainable response strategies through new technologies, Environmental Science: Process & Impacts, 2015:17(7):1201-1219.
17. Milošević Pujo, B., Radovan, H., Sprečavanje onečišćenja mora po MARPOL-KONVENCIJI, Naše more, 2005:52(5-6):231-234.

18. Tretman zauljenih voda, 2022., Dostupno na:
<http://www.unidu.hr/datoteke/majelic/ZMMO-6-BS-N.pdf>
19. Perić, Z., Osnove brodogradnje, Split: Industrijska škola Split, 2014.
20. Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture, 2023., Dostupno na:
<https://www.google.hr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjYvYH238WBAxW-zwIHHS-mCjcQFnoECA8QAQ&url=https%3A%2F%2Fmmpi.gov.hr%2FUserDocsImages%2Farhiva%2FSustav%2520za%2520prevenciju%2520i%2520sanaciju%2520iznenadnih%2520one%25C4%258Di%25C5%25A1%25C4%2587enja%2520mora%2520u%2520lukama%2520lokalnog%2C%2520%25C5%25BEupanijskog%2520i%2520dr%25C5%25BEavnog%2520zna%25C4%258Daja.pdf&usg=AOvVaw1RxvaINMGZ1cOGs04WzXmS&opi=89978449>

POPIS SLIKA

Slika 1. Prikaz postojanog i nepostojanog ulja unutar morskog okoliša	8
Slika 2. Prikaz vremenskih procesa ulja unutar morskog okoliša	10
Slika 3. Prikaz vremenskih procesa prilikom izlivanja nafte unutar morskog okoliša	11
Slika 4. Prikaz raspršivanja mrlja uzrokovanog valovima i turbulencijom mora	13
Slika 5. Prikaz emulzije vode u ulju i emulgirani mazut	14
Slika 6. Prikaz oksidacije ulja	16
Slika 7. Prikaz biorazgradnje ulja u dodiru s morem	18
Slika 8. Prikaz uljnog izljeva na obalama	23
Slika 9. Prikaz uklanjanja ulja korištenjem bagera	25
Slika 10. Prikaz uklanjanja ulja korištenjem grablji	26
Slika 11. Prikaz korištenja visokotlačnog sustava u pranju uljne površine	27
Slika 12. Prikaz skimera	30
Slika 13. Prikaz raspršivanja disperzanata	32
Slika 14. Prikaz korištenje upijača	36
Slika 15. Prikaz primjene sredstava za skrtnjavanje mase	38
Slika 16. Prikaz korištenja omekšivača	39
Slika 17. Prikaz plutajuće brane	41
Slika 18. Prikaz sakupljača ulja	43
Slika 19. Prikaz sustava za odvajanje ulja iz zauljenih voda	47
Slika 20. Prikaz pravilnog rasporeda sloj tanka	48
Slika 21. INTERSUZAM ekološko spremište	52

POPIS TABLICA

Tablica 1. Prikaz fizikalnih i kemijskih učinaka vremenskih procesa na svojstva ulja 9